



Граф Р.
Шиитс В.

Энциклопедия электронных схем

ТЫСЯЧА ПОЛЕЗНЫХ ИДЕЙ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ И ЛЮБИТЕЛЕЙ

2

TAB The Electronics Authority
McGraw Hill
DMK

Rudolf F. Graf & William Sheets

ENCYCLOPEDIA OF ELECTRONIC CIRCUITS VOLUME 7

McGraw-Hill



A Division of The ***McGraw-Hill*** *Companies*

New York • San Francisco • Washington, D.C. • Auckland • Bogotá • Caracas • Lisbon • London
Madrid • Mexico City • Milan • Montreal • New Delhi • San Juan • Singapore • Sydney • Tokyo • Toronto

В помощь радиолюбителю

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ
ТОМ 7
Часть II



Москва, 2000

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга содержит примерно 400 новых принципиальных электрических схем, которые расположены по основным категориям. Для удобства читателей каждая из описанных схем проиндексирована и снабжена ссылкой на оригинальную публикацию. Собранная здесь информация может использоваться как готовое решение либо послужить основой для создания собственных электронных схем в самых разных областях техники.

Составители выражают искреннюю благодарность и признательность представителям электронной промышленности и издателям, которые любезно разрешили использовать при подготовке «Энциклопедии электронных схем» некоторые материалы.

Авторы благодарны также Таре Трокслер, чья работа по подготовке текста и внимание к данному проекту позволили вовремя представить рукопись издателю.

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс

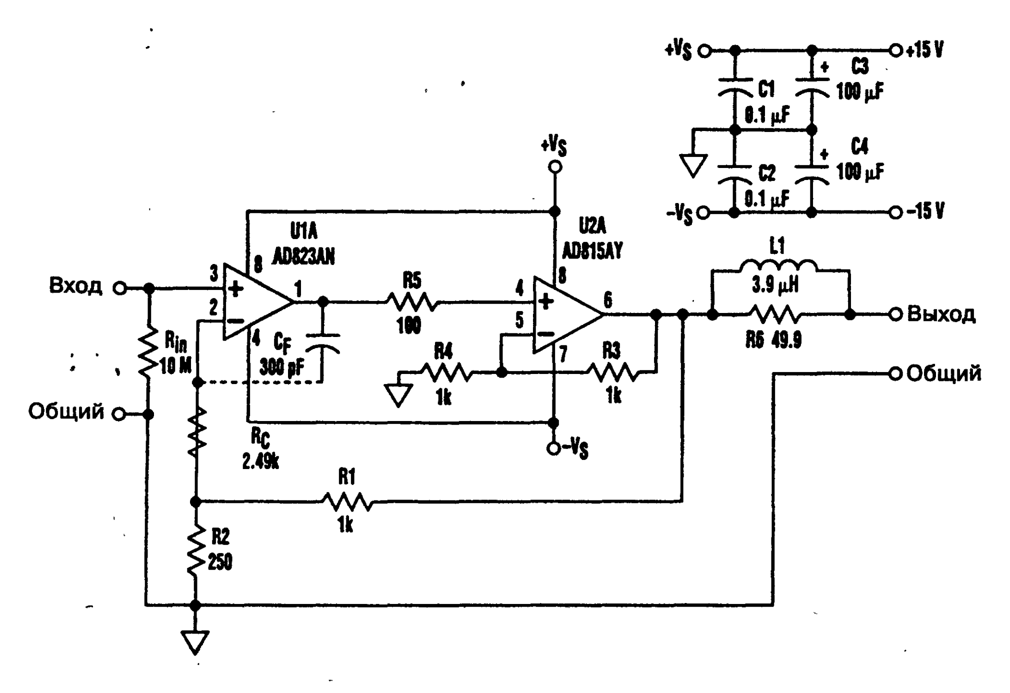
ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Предлагаемая книга – вторая из серии схемотехнических сборников издательства «ДМК». В отличие от американского издания “Encyclopedia of Electronic Circuits. Volume 7”, содержащего в одном томе более 1000 страниц, русское выпускается в трех частях с сохранением сквозной нумерации глав. Такое деление связано с желанием издательства ускорить выход книги в свет, а также с необходимостью тщательной проверки и серьезной редактуры оригинала в связи с большим количеством обнаруженных ошибок и неточностей. Все исправления с согласия владельцев прав на книгу внесены непосредственно в тексты и рисунки.

Издательство «ДМК» заинтересовано в получении читательских отзывов на книгу «Энциклопедия электронных схем. Том 7. Часть 2» и с благодарностью примет любые замечания и пожелания, касающиеся этого сборника, а также предложения по поводу возможного выпуска предыдущих томов “Encyclopedia of Electronic Circuits” (тт. 2–6) на русском языке.

ГЛАВА 33
СХЕМЫ ДРАЙВЕРОВ

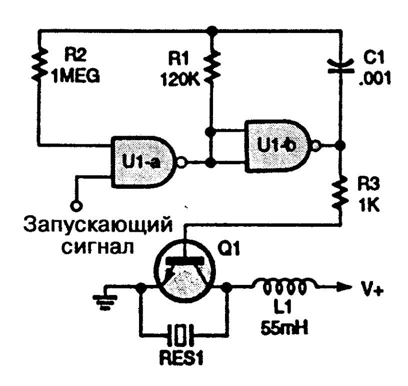
СОГЛАСУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО С МАЛЫМИ ИСКАЖЕНИЯМИ



Electronic Design Analog Applications **Рис. 33.1**

Низкий уровень искажений схемы согласования сохраняется вплоть до ±0,5 А и нагрузок 10 Ом и ниже. Схема построена на ОУ с низким входным током и малым напряжением смещения, поэтому может быть непосредственно подключена к источнику сигнала. Коэффициент усиления равен 1 + R2/R1. Для сохранения низкого уровня искажений фильтрующие конденсаторы по цепям питания необходимо расположить в непосредственной близости от микросхемы усилителя. Электролитические конденсаторы С3, С4 должны обладать низким сопротивлением (ESR), поэтому лучше использовать, например, танталовые.

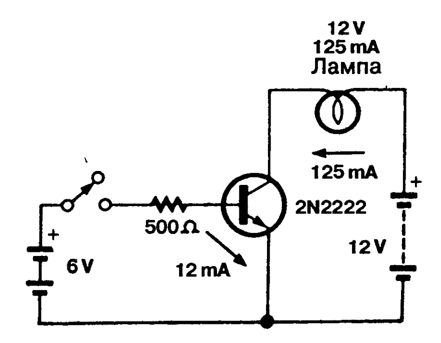
ПЬЕЗОЗВОНОК



Popular Electronics **Рис. 33.2**

Генератор низкой частоты с внешним запуском построен на двухвходовых инвертирующих логических элементах U1-a и U1-b. Умощняющий транзистор коммутирует пьезоэлемент, последовательно с которым включена катушка индуктивности L1, увеличивающая громкость звучания.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ

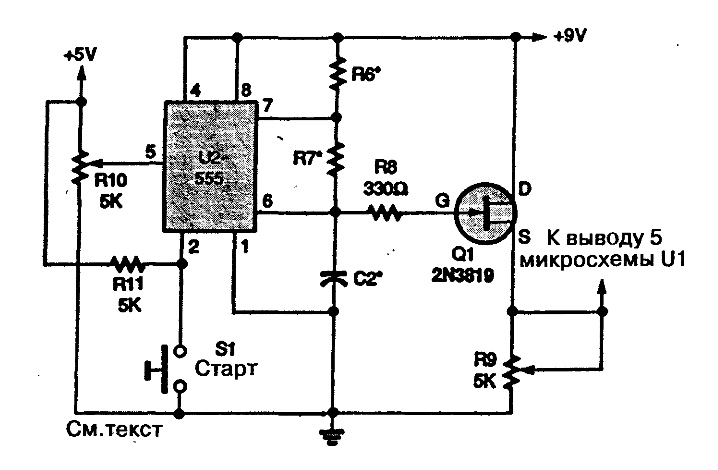


Electronics Now **Рис. 33.3**

Незначительный слабый ток через базу транзистора управляет большим током коллектора. Если замкнуть выключатель, лампа загорится.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЛЕДЯЩИМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

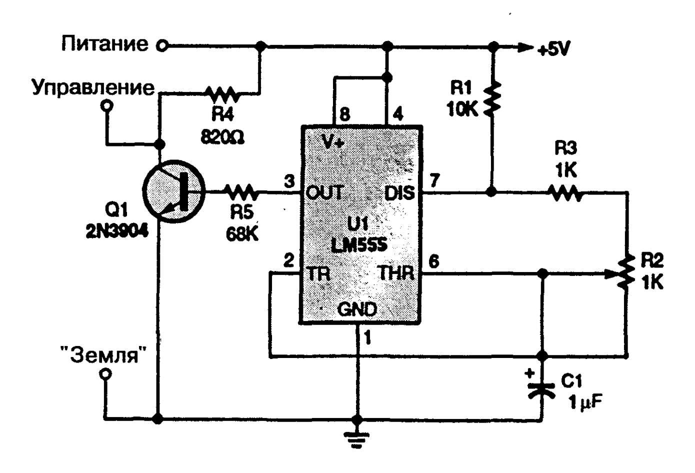
Показанная на рис. 33.4 схема вырабатывает пилообразный сигнал, который предназначен для установления порога срабатывания другого таймера типа 555. Эти



Popular Electronics **Рис. 33.4**

таймеры входят в схему управления сервомотором, который осуществляет перемещение механизма на определенный угол. Следует учитывать, что для больших периодов времени переключения необходимо увеличивать номиналы резисторов R6 и R7, а конденсатор C2 должен быть с малой утечкой. Облегчить решение проблемы поможет применение КМОП таймера типа 7555. Его малые входные токи позволяют использовать приемлемые номиналы C2, R6 и R7 для получения больших постоянных времени.

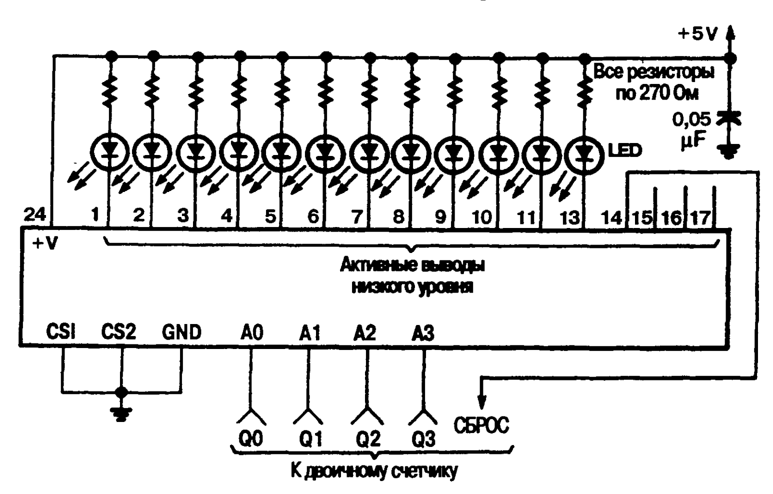
СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ



Popular Electronics **Рис. 33.5**

Показанная схема мультивибратора вырабатывает импульсный сигнал, пропорциональный углу поворота сервопривода в диапазоне 90°, путем изменения сопротивления потенциометра R2.

СВЕТОДИОДНАЯ БЕГУЩАЯ СТРОКА

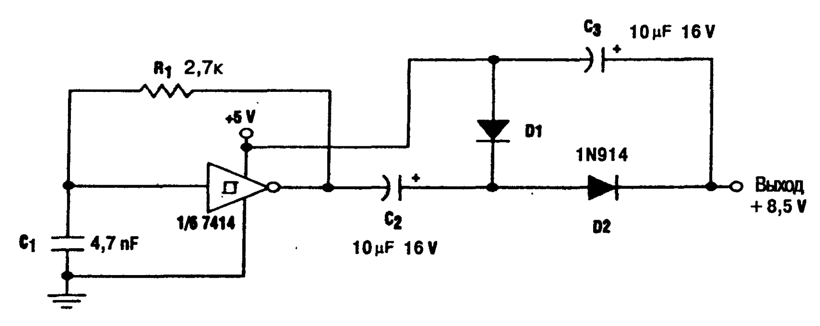


Electronics Now **Рис. 33.6**

В зависимости от двоичного кода на входе схемы демультиплексор выбирает один из выходов и включает соответствующий светодиод. Сигнал сброса поступает после включения всех 12 светодиодов. (При необходимости устройство может быть переделано на 16 светодиодов. – *Прим. ред.*)

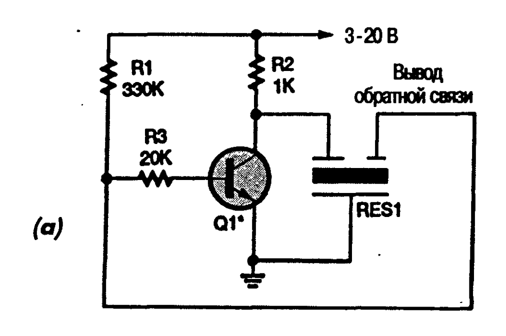
ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Выходное напряжение преобразователя +8,5 В предназначено для резистивных тензопреобразователей и других первичных датчиков, не зависящих от стабильности питающего напряжения, а также от величины пульсаций. Эта схема содержит преобразователь напряжение–частота, построенный на триггере Шмитта и работающий на частоте 20 кГц, выходной сигнал которого поступает на схему умножения. Колебания возникают при перезаряде конденсатора C1 через резистор R1. Когда на выходе триггера высокий уровень, конденсатор заряжается и напряжение на нем повышается до верхнего порога переключения. Триггер переключается, напряжение на его выходе переходит на низкий уровень и конденсатор начинает разряжаться. При уменьшении напряжения на конденсаторе до нижнего порога переключения выход триггера переходит снова в высокое состояние, и процесс продолжается.

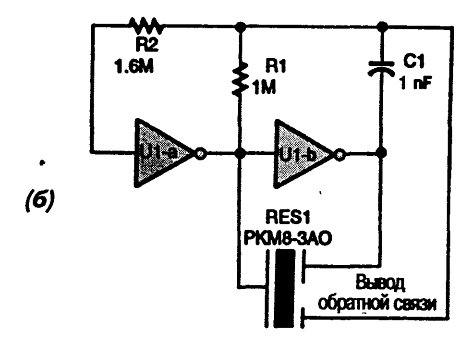


Electronic Design **Рис. 33.7**

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ ЗВУКА



(а)



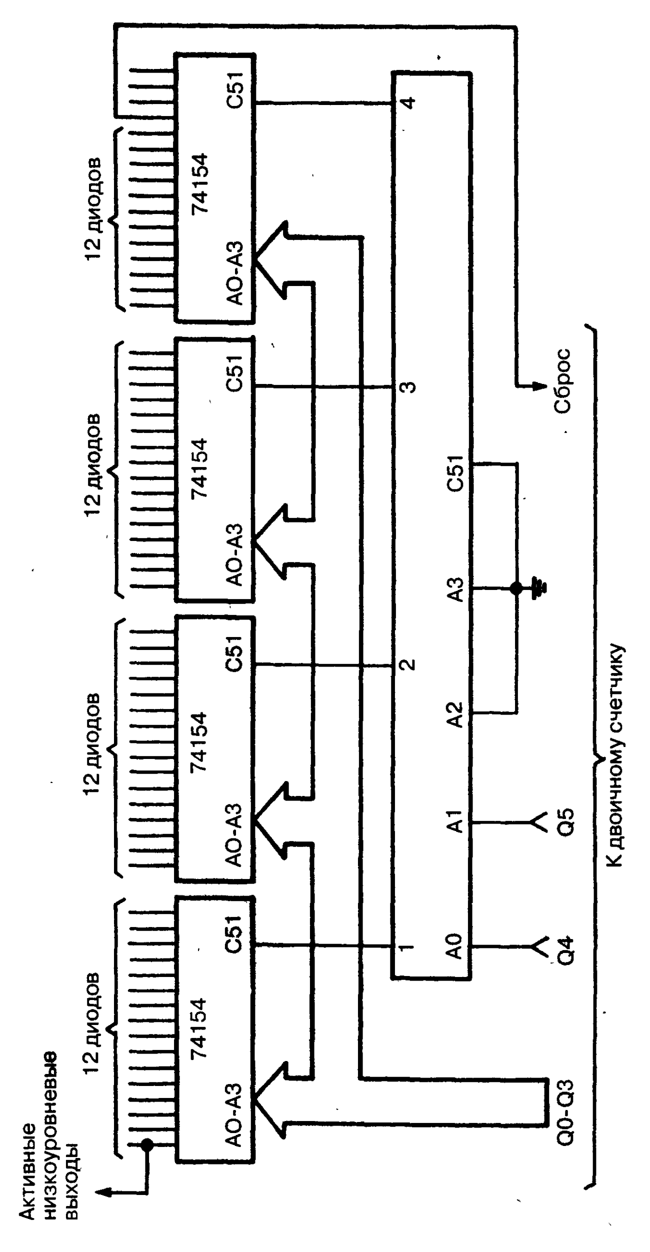
(б)

Popular Electronics **Рис. 33.8**

Пьезоэлектрические элементы с тремя выводами обычно управляются схемами на транзисторах (а) или логическими элементами (б).

ЛИНЕЙНЫЙ ИНДИКАТОР НА 60 СВЕТОДИОДАХ

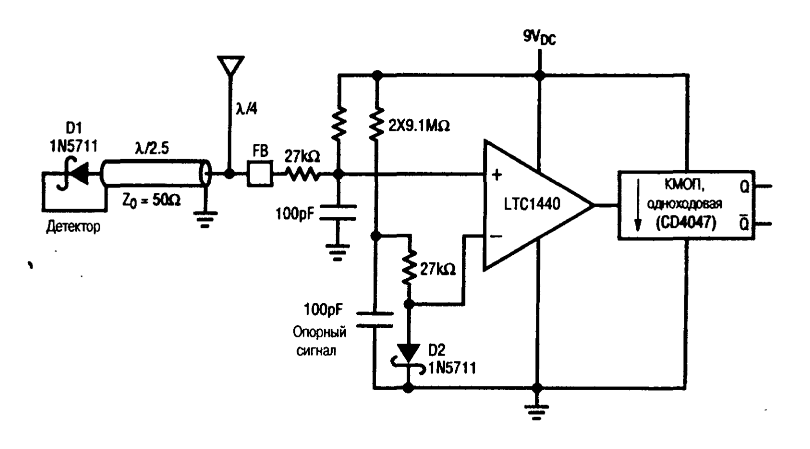
Эта схема полезна как дополнительный линейный индикатор минут в электронных часах или как бегущая строка различного назначения.



Electronics Now **Рис. 33.9**

ГЛАВА 34
СХЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

МИКРОМОЩНЫЙ ДЕТЕКТОР ПОЛЯ ДЛЯ 470 МГЦ

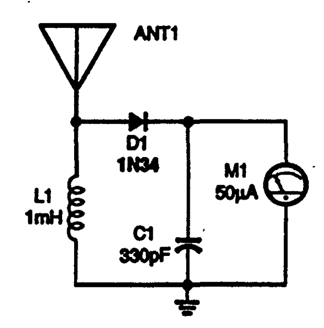


Linear Technology **Рис. 34.1**

Эта схема стандартного L/C измерителя напряженности поля с небольшими изменениями предназначена для частоты 470 МГц. Для согласования диода и четвертьволновой антенны и получения хорошей чувствительности служит четвертьволновая коаксиальная линия. Смещение детекторного полупроводникового диода улучшает чувствительность дополнительно на 10 дБ. Сигнал с детекторного диода воспринимается LTC1440 – микромощным компаратором, а второй диод является опорным (для сравнения). Диод Шоттки D1 детектирует входной модулированный сигнал и создает смещение на неинвертирующем входе компаратора. Выходной сигнал компаратора запускает одновибратор, вырабатывающий выходной импульс. Потребление схемы от источника питания составляет около 5 мкА. Кроме того, незначительную дополнительную мощность потребляет одновибратор. Чувствительность устройства превосходная: оно может улавливать мощность излучения 200 мВт на расстоянии

100 футов (около 33 м). Дальность обнаружения сигнала зависит от рабочей частоты, ориентации антенны и окружающих препятствий. На расстоянии около 10 футов (3,3 м) может быть зафиксировано излучение мощностью всего несколько милливатт на частоте 470 МГц.

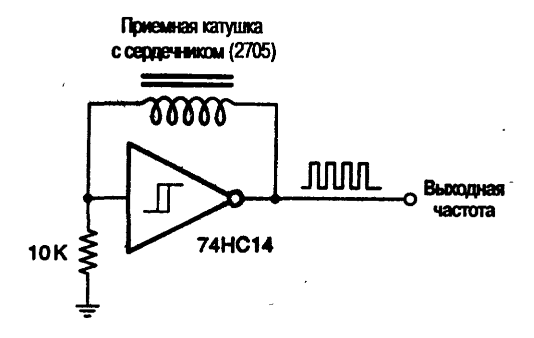
ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ



Popular Electronics **Рис. 34.2**

На рисунке представлен простой измеритель большой напряженности поля для настройки передатчиков или антенн. Стрелочный микроамперметр на 50 мкА показывает уровень сигнала. Антенна представляет собой штырь длиной 24 дюйма (61 см).

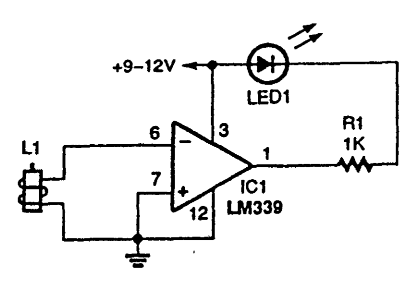
МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ



Popular Electronics **Рис. 34.3**

Этот изящный детектор неоднородности грунта использует специальную переменную проницаемость катушки с сердечником. Выходная частота генератора изменяется с ориентацией катушки.

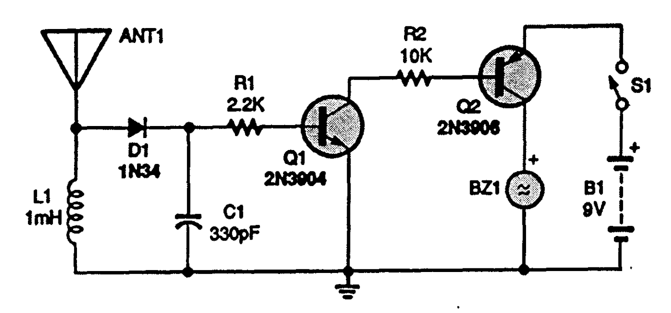
ДЕТЕКТОР МАГНИТНОГО ПОЛЯ



Popular Electronics **Рис. 34.4**

Катушка реле может стать основой детектора магнитного поля. Слабый сигнал с катушки усиливается ОУ, на выходе которого включен индикатор на светодиоде.

ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ С УСИЛИТЕЛЕМ



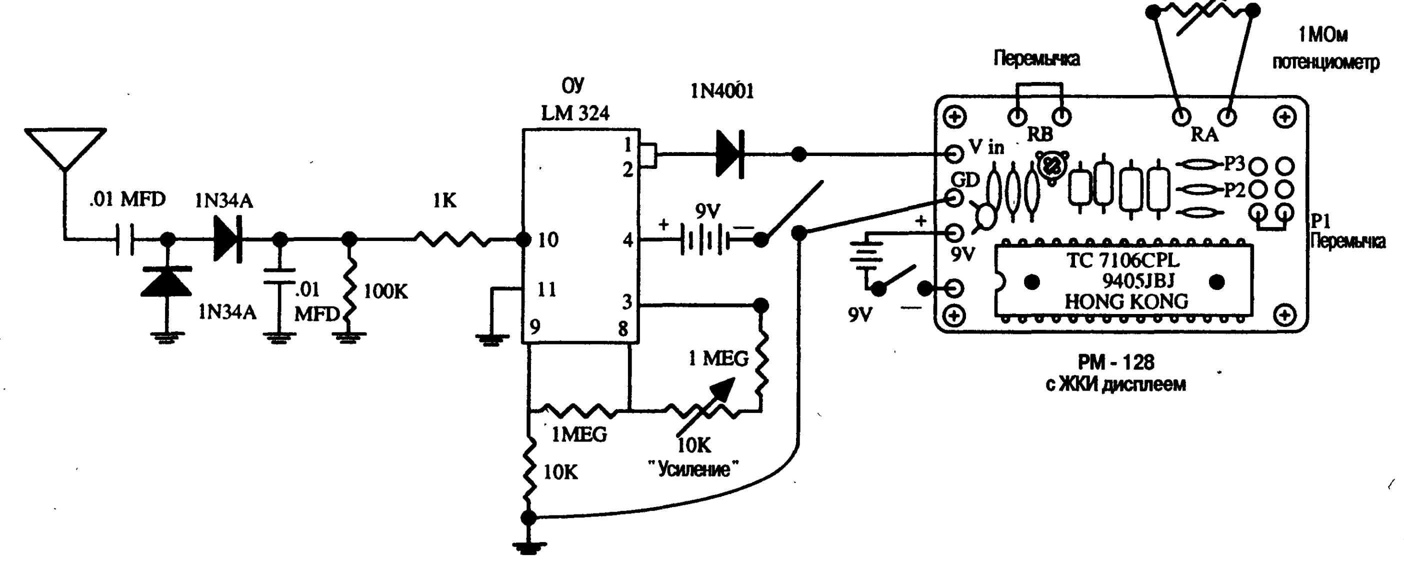
Popular Electronics **Рис. 34.5**

В этом измерителе напряженности поля постоянное напряжение, произведенное детектором D1, усиливается транзисторами Q1 и Q2. На выходе усилителя в качестве звукового индикатора подключен пьезоизлучатель BZ1, причем уровень звука зависит от напряженности поля. Антенна представляет собой штырь длиной 24 дюйма (61 см).

Устройство может быть использовано инвалидами по зрению.

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

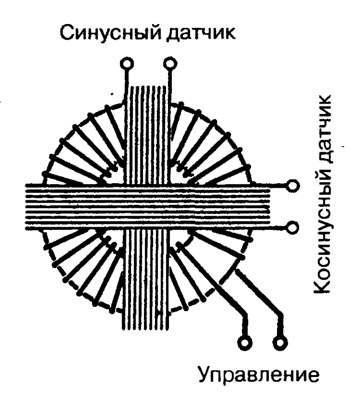
Этот измеритель напряженности поля (рис. 34.6) использует ЖКИ дисплей щитового прибора, но может применяться и любой подходящий модуль (со шкалой на 1 В). Радиочастотный сигнал с антенны детектируется диодами 1N34A и через фильтр поступает на операционный усилитель типа LM324. Его усиление регулируется потенциометром 1 МОм. Выходной сигнал с усилителя поступает на щитовой прибор.



73 Amateur Radio Today

Рис. 34.6

АНАЛОГОВЫЙ ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОТОКА ДЛЯ МАГНИТОМЕТРА



Electronics Now **Рис. 34.7**

Синусоидальный сигнал управления звуковой частоты создает магнитное поле в тороидальном сердечнике. Это поле взаимодействует с внешним магнитным полем. Слабые сигналы в ортогональных обмотках на сердечнике пропорциональны напряженности поля. Датчик магнитного потока выполнен на сердечнике Magnetics 50086-2F. Обмотка управления включает 143 витка провода калибром 30, а в ортогональных обмотках содержится по 1000 витков калибром 35.

ИЗМЕРИТЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

На вход измерителя магнитного поля подключена катушка из 12 витков, которая служит для обнаружения магнитного поля. Для дистанционного зондирования может использоваться внешняя катушка. Магнитное поле, воспринимаемое катушкой, проявляется в виде напряжения, пропорционального напряженности поля и частоте. Оно поступает на вход многокаскадного усилителя IC3-a, IC3-b и IC3-c. В первом каскаде усилителя с помощью резисторов R1 и R2 установлен коэффициент усиления 3,3. Общий коэффициент преобразования составляет 100 мкВ/мкТл или 100 мВ/мТл. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) на микросхеме IC1 имеет диапазон полной шкалы 2 В. В связи с этим минимальный диапазон измерения составит 20 мТл на всю шкалу. ОУ IC3-a усиливает сигнал к нормированному уровню 100 мкВ/мкТл. Далее сигнал усиливается в 1, 100, или 10000 раз ОУ IC3-b и IC3-c. Три каскада усиления обеспечивают диапазоны 2 мТл, 200 мкТл и 2 мкТл на всю шкалу. Элементы R3 и C3 и R12 и C7 устанавливают частоту среза частотной характеристики в точке 20 кГц, которая компенсирует пропорциональную частоте чувствительность катушки связи. ОУ IC3-d выполняет функцию точного выпрямителя и пикового детектора. Выходной сигнал с него поступает на АЦП и ЖКИ дисплей. Компоненты R25 – R29 и C13 – C17

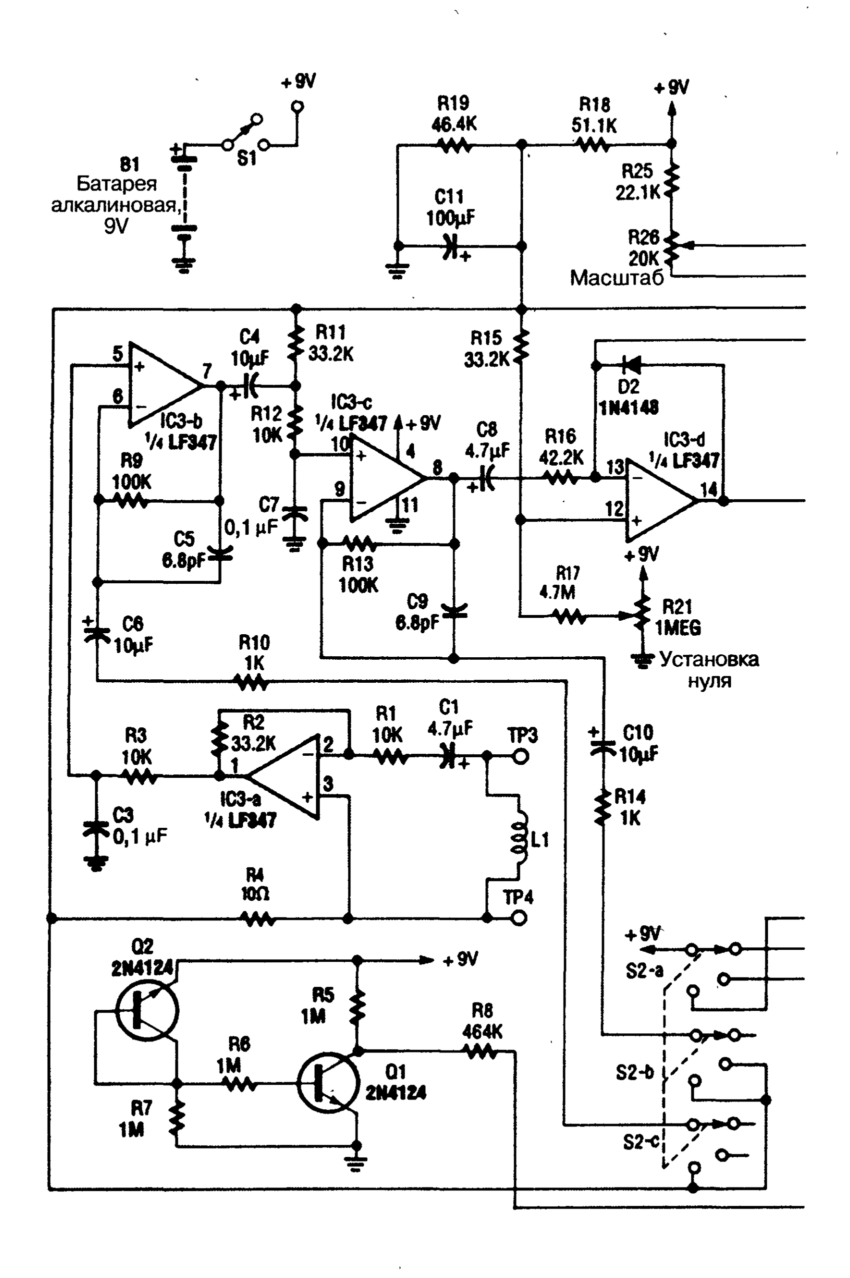
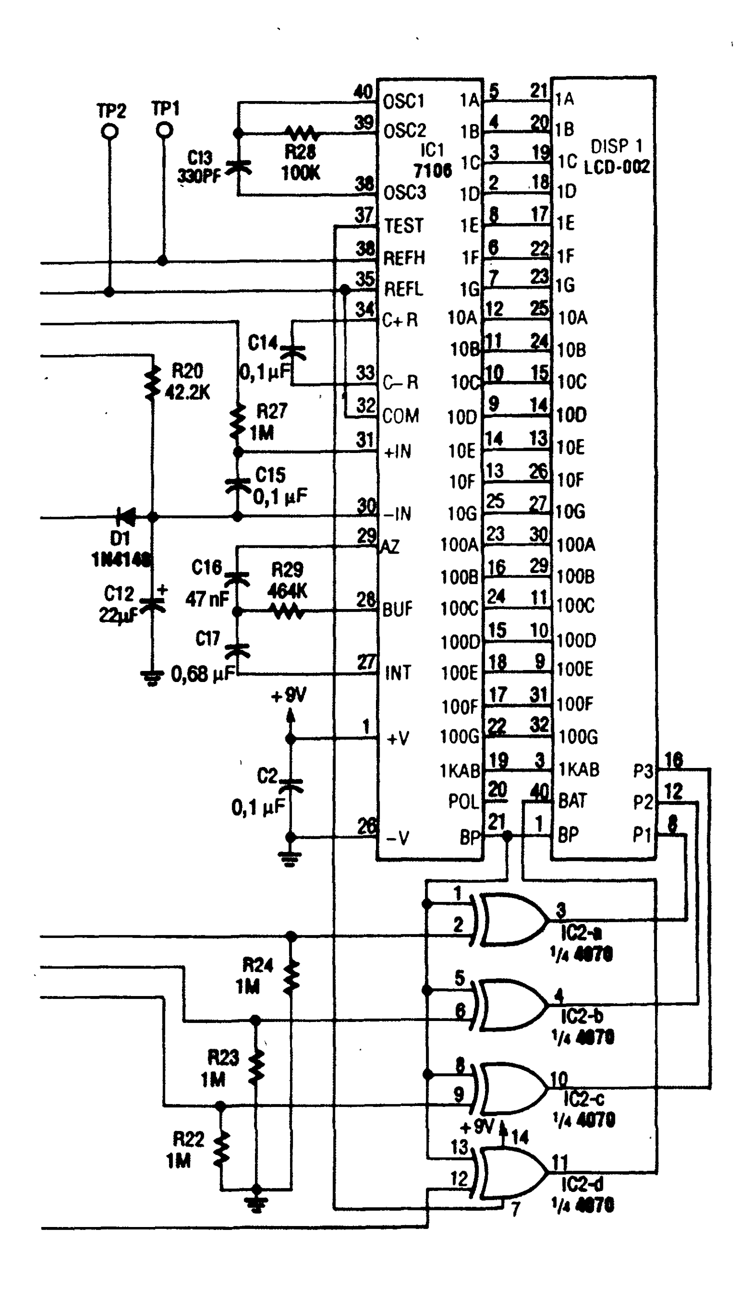

+9V
B1
Батарея алкалиновая, 9V
S1
R19 46.4K
R18 51.1K
+9V
R25 22.1K
C11 100μF
R26 20K
Масштаб
C4 10μF
R11 33.2K
R15 33.2K
IC3-b 1/4 LF347
R12 10K
IC3-c 1/4 LF347
D2 1N4148
C8 4.7μF
R16 42.2K
IC3-d 1/4 LF347
R9 100K
C7 0,1 μF
C5 6.8pF
R13 100K
R17 4.7M
C9 6.8pF
R21 1MEG
C6 10μF
R10 1K
Установка нуля
R2 33.2K
R1 10K
C1 4.7μF
TP3
R3 10K
C10 10μF
IC3-a 1/4 LF347
R14 1K
C3 0,1 μF
L1
R4 10Ω
TP4
Q2 2N4124
R5 1M
R8 464K
R6 1M
Q1 2N4124
R7 1M
S2-a
S2-b
S2-c

Рис. 34.8 (1 из 2)

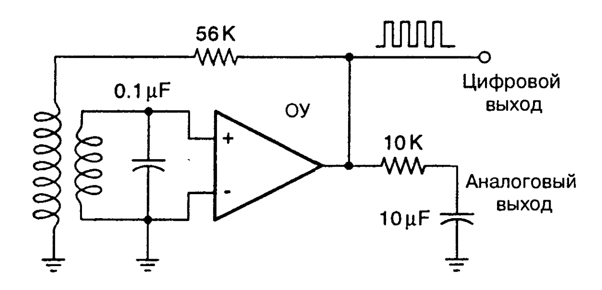


TP2
TP1
C13
330PF
R28
100K
IC1
7106
DISP 1
LCD-002
OSC1
OSC2
OSC3
TEST
REFH
REFL
C+R
C−R
COM
+IN
−IN
AZ
BUF
INT
+V
−V
C14
0,1 µF
R20
42.2K
R27
1M
C15
0,1 µF
D1
1N4148
C12
22µF
C16
47 nF
R29
464K
C17
0,68 µF
+9V
C2
0,1 µF
1KAB
POL
BP
BAT
P3
P2
P1
IC2-a
1/4 4070
IC2-b
1/4 4070
IC2-c
1/4 4070
IC2-d
1/4 4070
R24
1M
R23
1M
R22
1M

Рис. 34.8 (2 из 2)

используются IC1, чтобы установить время преобразования, тактовую частоту и опорное напряжение. Десятичные точки управляются IC2 в зависимости от выбранного переключателем S2 диапазона. Транзисторы Q1 и Q2 чувствуют понижение напряжения батареи и включают сигнализацию разряда батареи на ЖКИ при достижении уровня 7 В.

МАГНИТОМЕТР С РЕЗОНИРУЮЩИМ ДАТЧИКОМ МАГНИТНОГО ПОТОКА

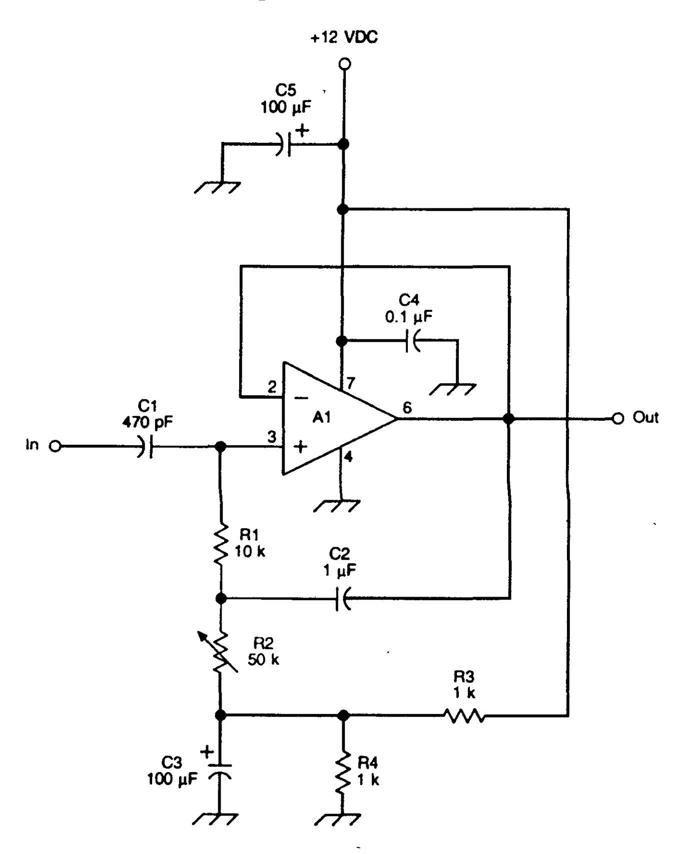


Electronics Now **Рис. 34.9**

Сердечник при включении входит и выходит из насыщения. Выходные импульсы изменяются пропорционально напряженности поля, направленной по оси датчика. Катушка датчика имеет 2000 витков на пермаллоевом ленточном сердечнике. Импульсный выходной сигнал может быть использован в PIC или другом микроконтроллере.

ГЛАВА 35
СХЕМЫ ФИЛЬТРОВ

УЗКОПОЛОСНЫЙ ФИЛЬТР



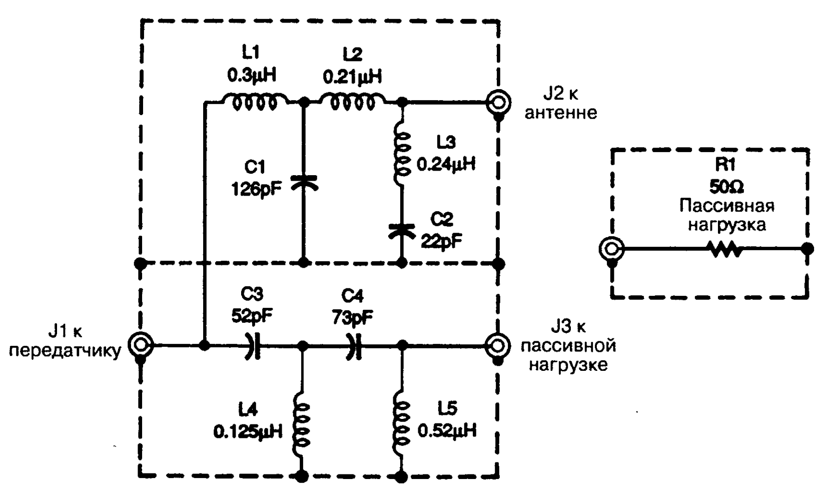
73 Amateur Radio Today **Рис. 35.1**

Схема фильтра основана на неинвертирующем усилителе с положительной обратной связью. Операционный усилитель включен по схеме повторителя с единичным усилением путем соединения выхода с инвертирующим входом. Частотно-зависимые RC-цепи подключаются между выходом усилителя и неинвертирующим входом, что обеспечивает некоторую положительную обратную связь. Центральная частота определяется таким образом:

$$F_C = 1 / [2\pi R1\ (C1C2)^{1/2}],$$

где F_C – центральная частота в герцах, R1 – в омах и C1, C2 – в фарадах.

ПОГЛОЩАЮЩИЙ ФИЛЬТР ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

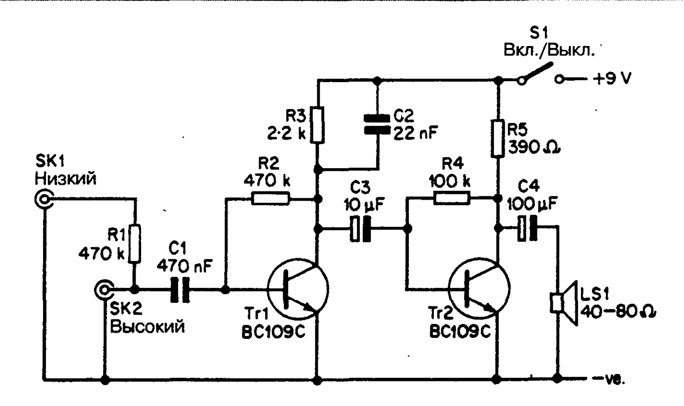


Popular Electronics **Рис. 35.2**

Этот фильтр направляет энергию с частотой выше 30 МГц к эквиваленту нагрузки и рассеивает ее в виде тепла вместо отражения обратно на передатчик. Поглощающий фильтр основан на классической схеме Weinreich и Carroll, известной с 1968 года. Низкочастотная и высокочастотная секции фильтра отделены друг от друга (хотя находятся в одном корпусе) для устранения взаимовлияния. При изготовлении этого фильтра катушки индуктивности следует намотать на ферритовые кольца. В качестве альтернативы можно выполнить индуктивности без сердечников, а необходимые параметры определить по номограммам, приведенным в справочнике «The ARRL Handbook for Radio Amateurs».

ЗАГРАЖДАЮЩИЙ ФИЛЬТР ДЛЯ РАДИОПРИЕМНИКА

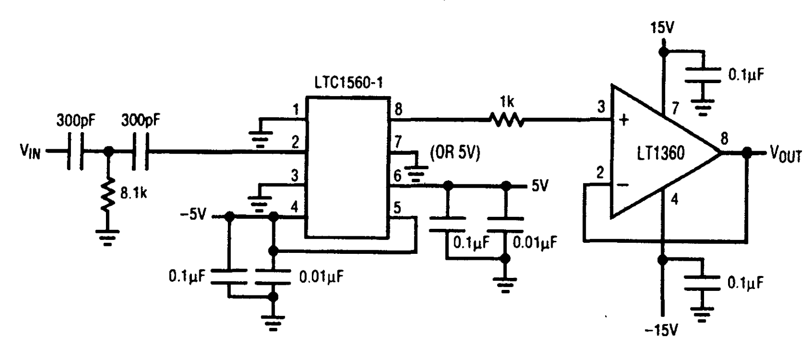
Фильтр включен между разъемом головных телефонов или громкоговорителя. Выход приемника должен иметь полное сопротивление 8 Ом или больше. Поскольку схема обеспечивает усиление полосы частот и имеет низкоомный выход, при использовании этого фильтра не должно быть проблем. Его частотная характеристика резко спадает на частоте 800 Гц. При ослаблении –6 дБ ширина полосы частот равна ~300 Гц; при 0 дБ ширина полосы составляет приблизительно от 350 Гц до 2 кГц. Этого обычно достаточно для существенного ослабления радиопомех от соседнего канала. Однако при узкой и резкой характеристике, свойственной для



Electronic Experimenters Handbook **Рис. 35.3**

приемника с фильтром, применение схемы становится затруднительным, поскольку полезный сигнал имеет тенденцию дрейфовать из полосы пропускания и может потеряться.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ИЛИ НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ФИЛЬТР НА МИКРОСХЕМАХ

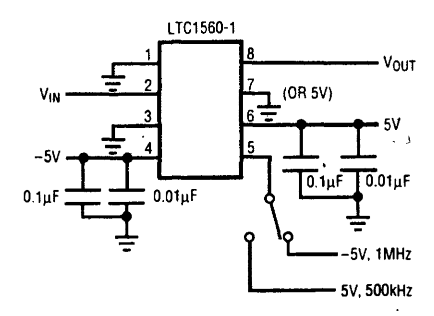


Linear Technology **Рис. 35.4**

В этом фильтре используются микросхемы LTC1560-1 и LT1360 фирмы Linear Technology.

НИЗКОЧАСТОТНЫЙ ФИЛЬТР НА 1 МГЦ ИЛИ 500 КГЦ

В данном низкочастотном фильтре (рис. 35.5) используются микросхемы фирмы Linear Technology LTC1560-1 и LT1360. Его основная особенность состоит в том, что с помощью переключателя может быть изменена частота.



Linear Technology **Рис. 35.5**

АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР

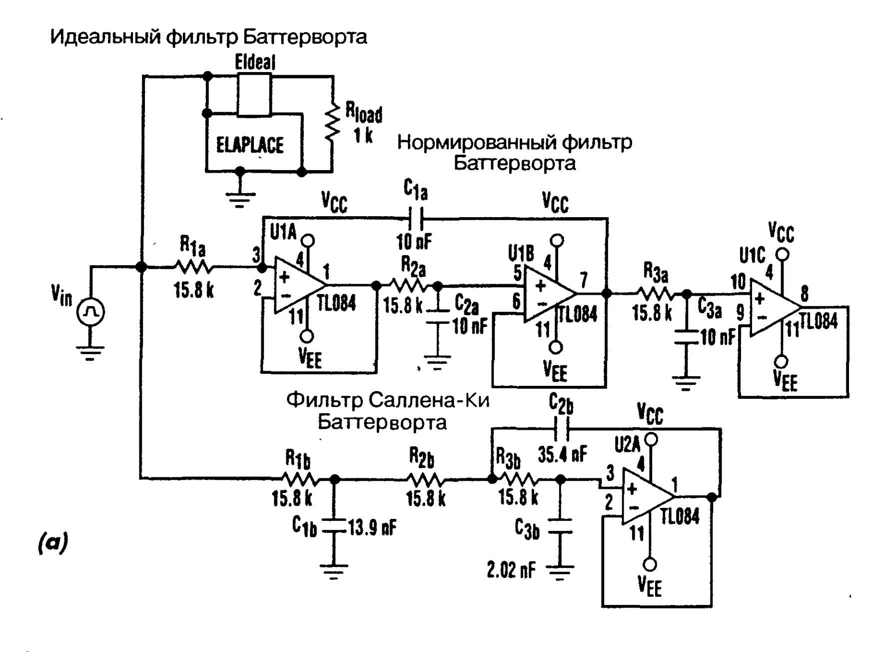
Компоненты с равными номиналами могут иметь весьма серьезное преимущество при проектировании фильтров и учете стоимости комплектующих, их цене и дефицитности. Например, можно сравнить активный фильтр нижних частот третьего порядка (фильтр Баттерворта) с применением одинаковых по величине резисторов или конденсаторов. Особенность нормированного фильтра – одинаковая частота среза для низкочастотного и высокочастотного исполнения. На графиках (рис. 35.6) приведены сравнительные кривые идеального, нормированного и низкочастотного фильтра Саллена-Ки. Обращает на себя внимание хорошая сходимость фильтров – нормированного и Саллена-Ки с идеальной характеристикой в полосе ослабления. Графики ошибки были созданы по разности между реальными и идеальными характеристиками фильтра. Графики указывают, что нормированный фильтр достигает результатов эффективности, схожих с фильтром нижних частот Саллена-Ки.

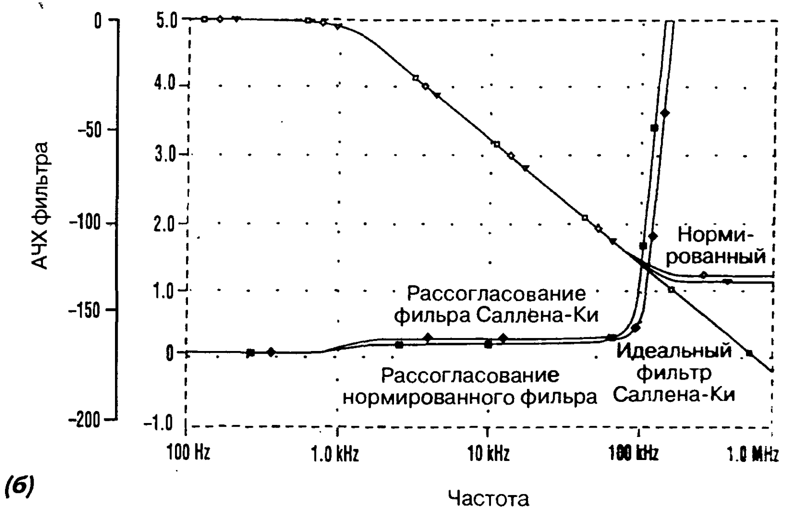
СХЕМА РЕЖЕКТОРНОГО ФИЛЬТРА

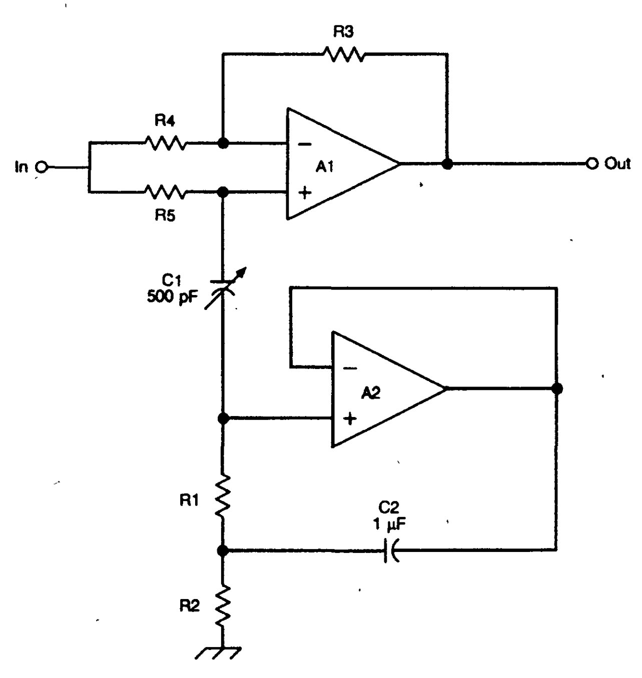
Основа этой схемы (рис. 35.7) – неинвертирующий усилитель с частотно-зависимой положительной обратной связью. Операционный усилитель включен по схеме повторителя с единичным усилением путем соединения выхода с инвертирующим входом. Дополнительно имеется контур слабой положительной обратной связи через RC-цепочку, которая включена между выходом и неинвертирующим входом. Центральная частота определяется как

$$F_C = 1 / [2\pi R1 (C1C2)^{1/2}],$$

где F_C – центральная частота в герцах, R1 – в омах и C1, C2 – в фарадах.


Идеальный фильтр Баттерворта
Eldeal
ELAPLACE
Rload 1 k
Нормированный фильтр Баттерворта
Vin
R1a 15.8 k
U1A
TL084
C1a 10 nF
R2a 15.8 k
C2a 10 nF
U1B
TL084
R3a 15.8 k
C3a 10 nF
U1C
TL084
VCC
VEE
Фильтр Саллена-Ки Баттерворта
R1b 15.8 k
C1b 13.9 nF
R2b 15.8 k
R3b 15.8 k
C2b 35.4 nF
C3b 2.02 nF
U2A
TL084
(а)


АЧХ фильтра
0
-50
-100
-150
-200
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
-1.0
100 Hz
1.0 kHz
10 kHz
100 kHz
1.0 MHz
Частота
Нормированный
Рассогласование фильра Саллена-Ки
Идеальный фильтр Саллена-Ки
Рассогласование нормированного фильра
(б)



73 Amateur Radio Today **Рис. 35.7**

РЕЖЕКТОРНЫЙ ФИЛЬТР БЕЗ КОНДЕНСАТОРОВ

Частота режекции фильтра равна

$$f_N = [(A_{LP} / A_{HP}) (R_{Z2} / R_{Z1})] f_O,$$

где A_{LP} и A_{HP} – коэффициенты передачи низкочастотного (f = 0 Гц) и высокочастотного ($f << f_O$) сигналов соответственно. Обычно

$$(A_{LP}/A_{HP}) (R_{Z2}/R_{Z1}) = 1,$$

поэтому $f_N = f_O$, а $f_O = 1 / [2\pi (R_F C)]$.

В этой схеме $R_F = R_{F1} = R_{F2}$ и C = C1 = C2. Ширина полосы пропускания на уровне –3 дБ определена следующим соотношением:

$$BW_{-3\,дБ} = f_N / Q,$$

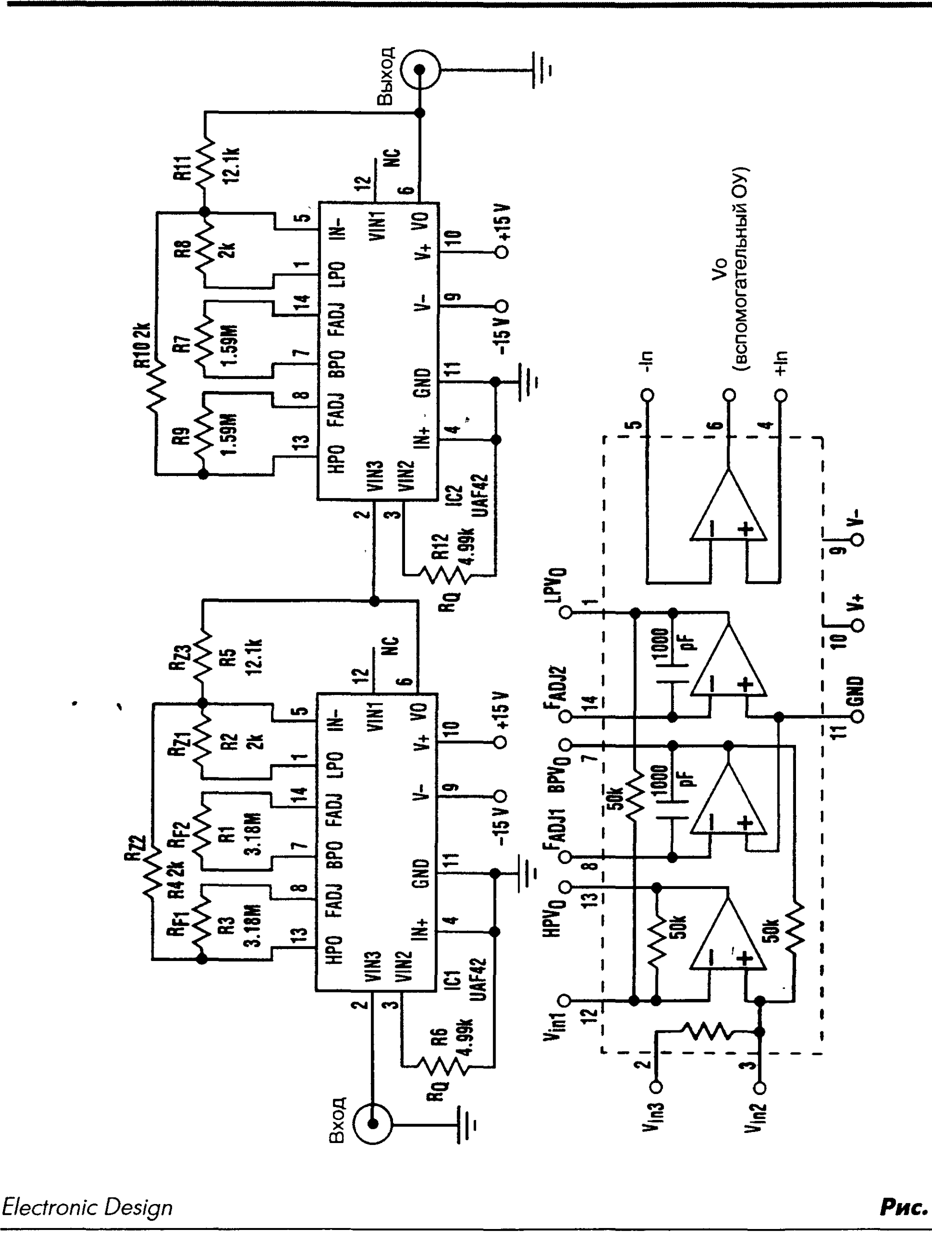
где $BW_{-3\,дБ} = f_H - f_L$.

Добротность фильтра влияет на ширину полосы пропускания (на частоте режекции) и связана с отношением резисторов R_{Z3} / R_{Z1} и R_{Z3} / R_{Z2}. Другими словами,

$$Q = R_{Z3} / R_{Z1} = R_{Z3} / R_{Z2}.$$

Добротность также связана с R_Q следующим отношением:

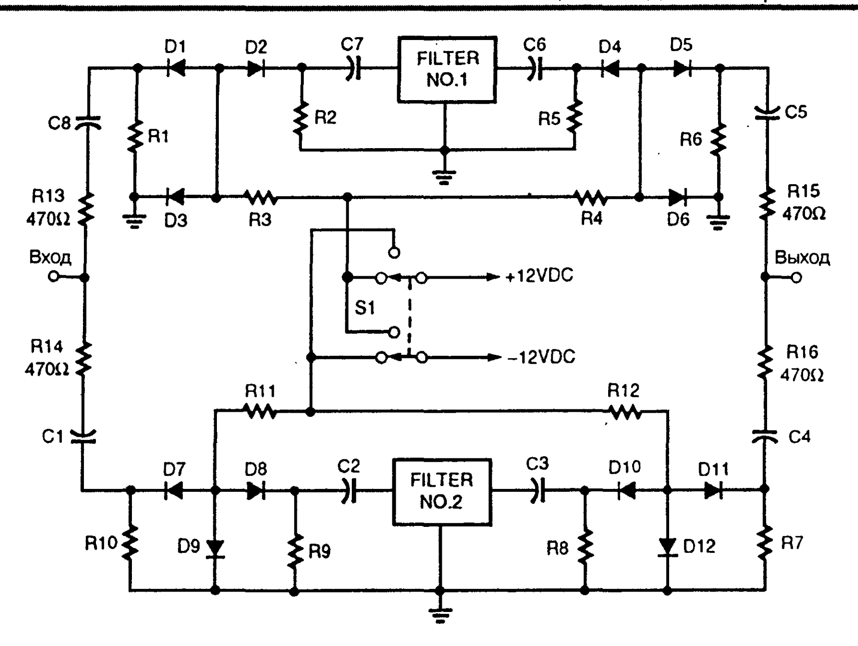
$$R_Q = 25\ кОм / Q - 1.$$



Electronic Design **Рис. 35.8**

ФИЛЬТР ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ С ПЕРЕКЛЮЧАЕМОЙ ПОЛОСОЙ ПРОПУСКАНИЯ

Выбор соответствующего фильтра промежуточной частоты осуществляется посредством включения последовательно-параллельной цепочки из pin-диодов. Диоды могут быть типа MV3404 или подобные.



Popular Electronics **Рис. 35.9**

ПРОСТОЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ФИЛЬТР

Очень простой широкополосный фильтр может быть реализован на усилителе с обратной связью, аналогичном AD830 или LTC1193 (рис. 35.10). Элементы R1 и С определяют реальную передаточную функцию фильтра, в то время как R2 необходим для обеспечения заданного входного сопротивления в диапазоне рабочих частот AD830. Следующие выражения показывают, что эта величина постоянна:

$Z_{IN}(s) = [R2\ (1 + s\ C\ R1)] / 2\ [1 + (s\ C\ R2) / 2],$

$V_{OUT}(s) / V_{IN} = (-1 - s\ C\ R1) / (1 + s\ C\ R1),$

$V_{OUT}(\omega) / V_{IN} = 1.$

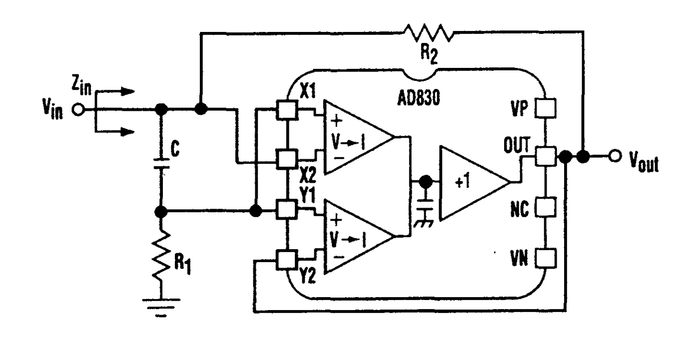
Фазовая характеристика V_{OUT} / V_{IN} имеет вид $180° - 2\tan^{-1}(\omega\ C\ R1)$.

Как следует из первого уравнения, чтобы получить $Z_{IN}(\omega) = R1$, величина R1 должна быть равна R2/2. Выбор конденсатора С определяет фазовую характеристику.

Фазо-частотные характеристики фильтра приведены на рис. 35.10 при емкостях конденсаторов С от 1,5 мкФ до 150 пФ.

ДОЗВУКОВОЙ ФИЛЬТР

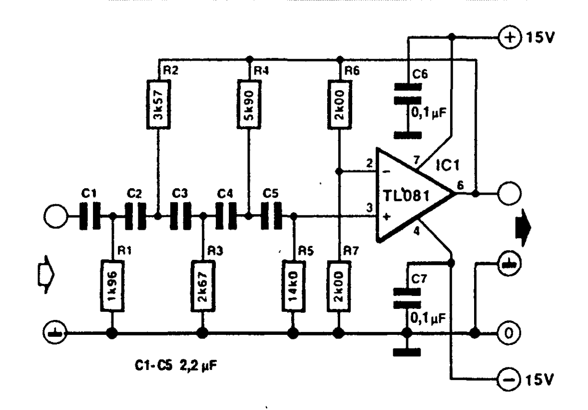
Эта схема (рис. 35.11) похожа на фильтр высоких частот пятого порядка, но на частоте 20 Гц он обладает ослаблением в 1 дБ. Однако уже на частоте 17,3 Гц сигнал



C = 150 pF
+5 dB
0 dB
-5 dB
180°
C = 1.5 nF to 1.5 μF
90°
Фаза
C = 0.15 μF
C = 15 nF
C = 1.5 nF
C = 150 pF
C = 1.5 μF
0°
100
1 k
10 k
100 k
1 M
10 M
Частота

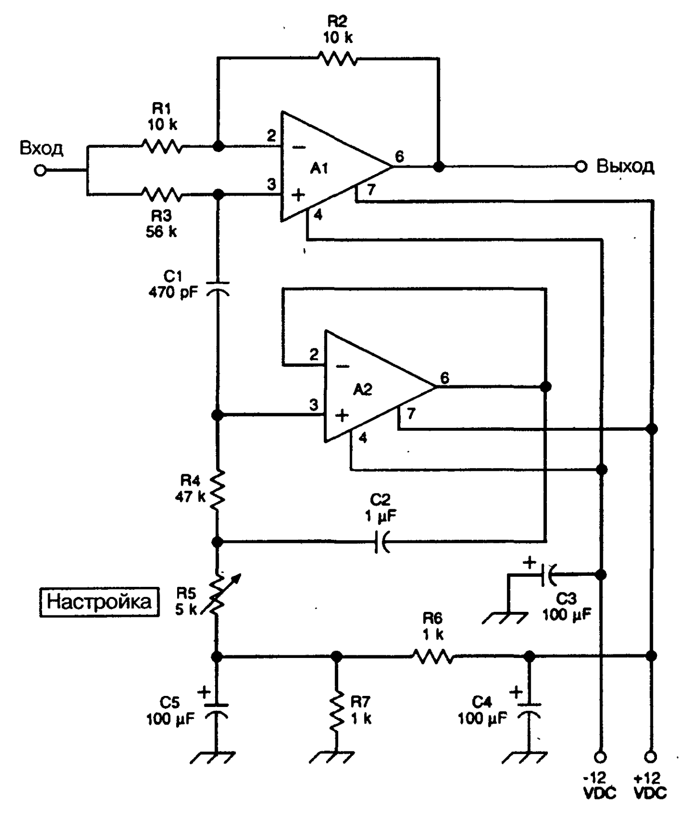
Electronic Design **Рис. 35.10**

ослабляется на –3 дБ, а при 13,6 Гц ослабление достигает –10 дБ. Конденсаторы С1 – С5 должны иметь одинаковую емкость, допускается различие не более 1%. Отклонение емкости от номинала не так важно, поскольку влияет на ширину частотной характеристики. Неодинаковость емкости конденсаторов С1 – С5 увеличивает неравномерность ослабления фильтра Баттерворта. Все резисторы имеют отклонение 1%.



Elektor Electronics **Рис. 35.11**

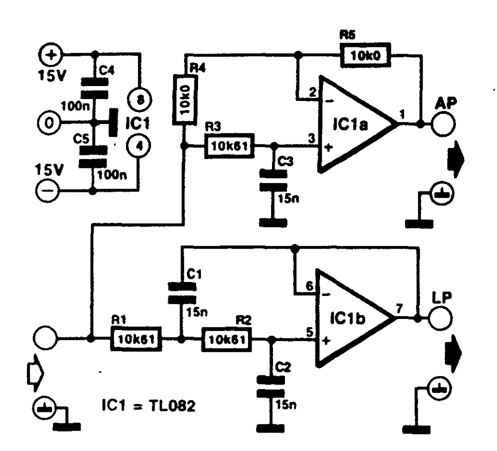
СХЕМА РЕЖЕКТОРНОГО ФИЛЬТРА С ПЕРЕСТРОЙКОЙ ОТ 600 ДО 3000 ГЦ

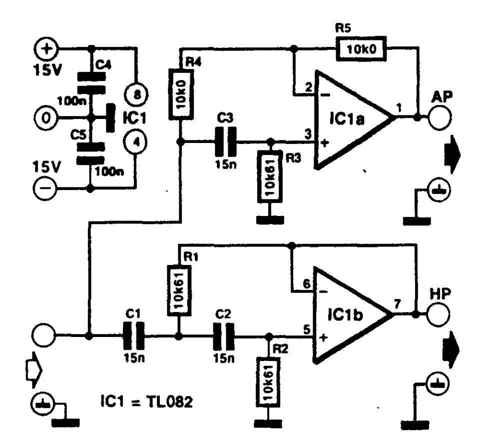


73 Amateur Radio Today **Рис. 35.12**

На рис. 35.12 приведена схема режекторного фильтра с диапазоном регулировки от 600 до 3000 Гц, применяемая радиолюбителями в течение ряда лет. Такой фильтр используется для подавления сигналов нежелательных радиостанций и может быть включен между выходом на головной телефон и входом усилителя мощности.

ФАЗОВЫЙ КОРРЕКТОР ФИЛЬТРА НИЖНИХ ЧАСТОТ



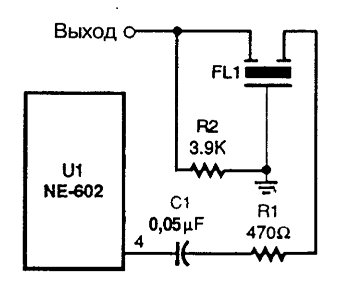


Elektor Electronics **_Рис. 35.13_**

В некоторых устройствах требуется, чтобы ширина полосы частот сигнала звуковой частоты ограничивалась, но при этом фазовое соотношение с исходным сигналом было сохранено. Такое требование выполняется, в частности, в кодере системы с цифровым звукопроцессором, если низкочастотный фильтр соединить с широкополосным и сравнить отфильтрованный сигнал на выходе с сигналом, прошедшим широкополосный фильтр. Фазовые характеристики широкополосного фильтра первого порядка и фильтра нижних частот второго порядка аналогичны. Такая комбинация фильтров показана на левом рисунке. Здесь широкополосная часть схемы выполнена на IC1a, а низкочастотная – на IC1b. На уровне –6 дБ частота среза равна 1 кГц, а на уровне –3 дБ она перемещается до 642 Гц.

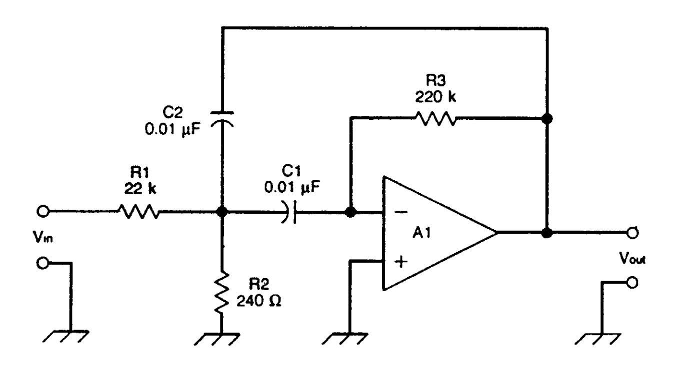
КЕРАМИЧЕСКИЙ СОГЛАСУЮЩИЙ ФИЛЬТР

Керамические или механические фильтры обычно используются для обеспечения частотно-избирательного вывода.



Popular Electronics **Рис. 35.14**

ПОЛОСОВОЙ АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР



73 Amateur Radio Today **Рис. 35.15**

Показанный на схеме полосовой фильтр на операционном усилителе имеет две петли обратной связи. Параметры элементов фильтра определяются по следующим соотношениям:

$C1 = C2 = C$,
$R1 = Q / (2\pi f_C A_V C)$,
$R2 = Q / (2\pi f_C C (2Q^2 - A_V))$,
$R3 = 2Q / (2\pi f_C C)$.

Усиление $A_V = R3 / 2R1$.

АКТИВНЫЙ ФИЛЬТР ВЫСОКИХ ЧАСТОТ

Обмен резисторами и конденсаторами преобразовывает нормированный фильтр нижних частот в фильтр верхних частот с той же угловой частотой (рис. 35.16а). Фильтр Саллена-Ки должен измениться согласно уровням полных сопротивлений

в каждом узле, что позволяет спроектировать фильтр с конденсаторами одинаковой величины и резисторами разного сопротивления и сравнить его параметры с низкочастотным фильтром, построенным по традиционным правилам. При сравнении характеристик нормированного фильтра верхних частот и фильтра верхних частот Саллена-Ки графики указывают на сходство результатов (рис. 35.16б).

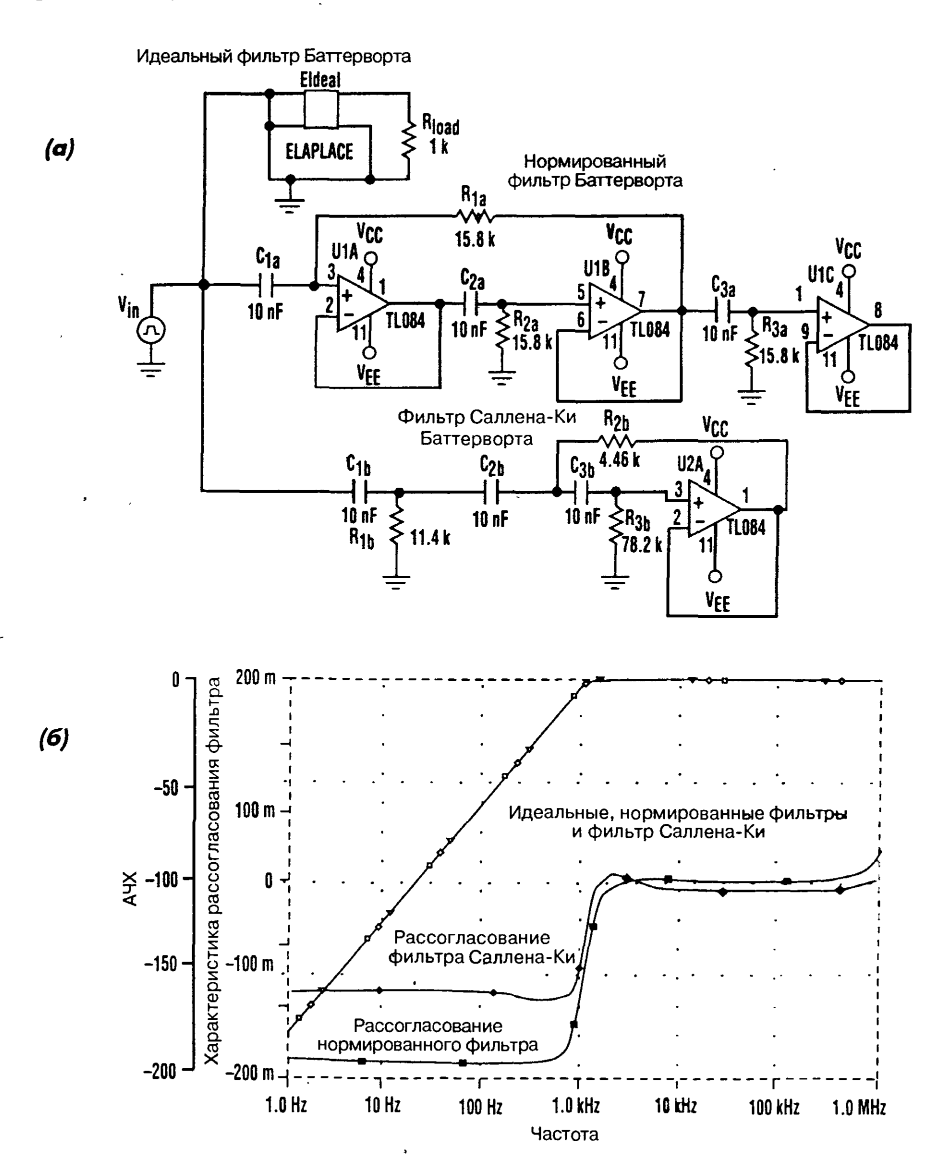
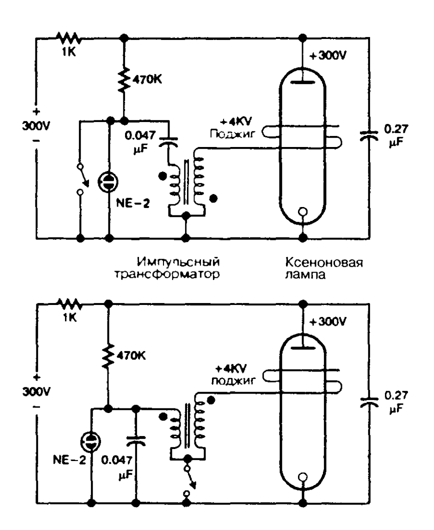


 Рис. 35.16

ГЛАВА 36
СХЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ

СХЕМА ЛАМПЫ-ВСПЫШКИ

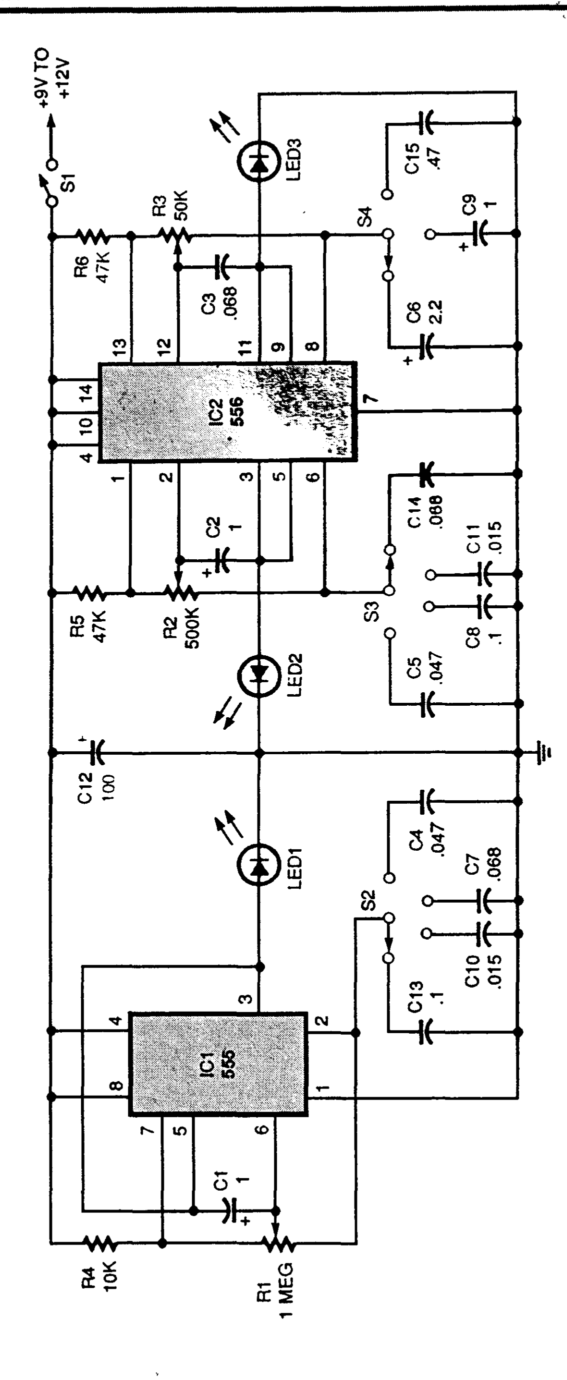


Popular Electronics **Рис. 36.1**

Внешне похожие схемы включения импульсных ламп отличаются подключением импульсного трансформатора и запускающих контактов (синхроконтактов). В одной схеме синхроконтакты замыкают цепь первичной обмотки, а в другой – первичной и вторичной.

МИГАЮЩИЕ СВЕТОДИОДЫ

Схема (рис. 36.2) содержит три генератора: один выполнен на микросхеме 555 (IC1), а два других – на сдвоенном таймере типа 556 (IC2). Когда S1 включен, светодиоды LED1, LED2 и LED3 периодически зажигаются. Цикл переключения определяется положением потенциометра (R1, R2 и R3) и конденсатором, выбранным переключателем (S2, S3 и S4). Каждый выход генератора способен выдержать подключение нескольких (до 20) соединенных параллельно светодиодов. Устройство может работать от батареи или другого источника постоянного тока напряжением от 9 до 12 В.

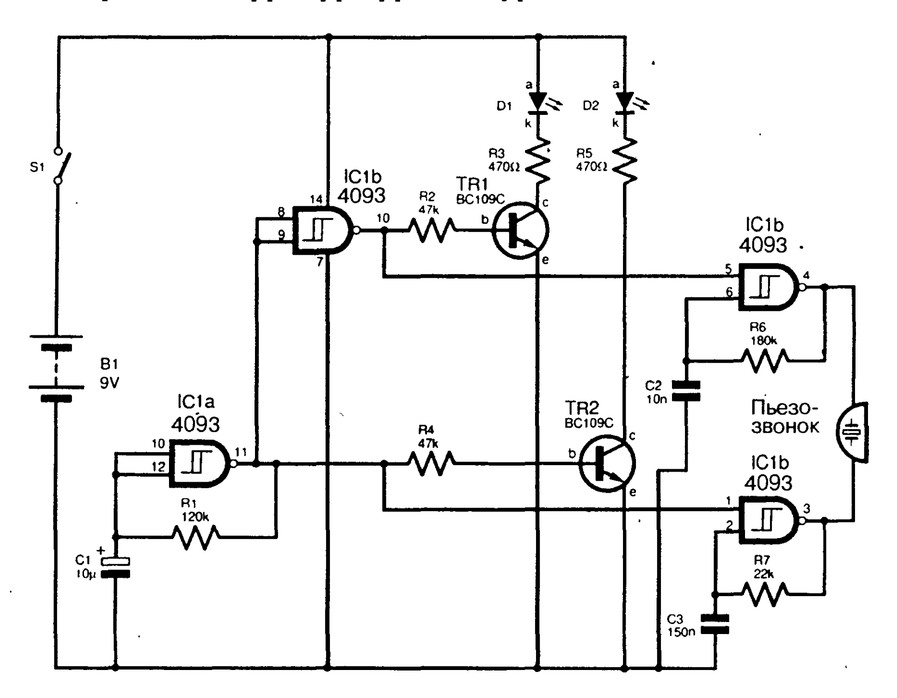


Popular Electronics

Рис. 36.2

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

МИГАЮЩИЕ СВЕТОДИОДЫ ДЛЯ МОДЕЛИ ПОЖАРНОЙ МАШИНЫ



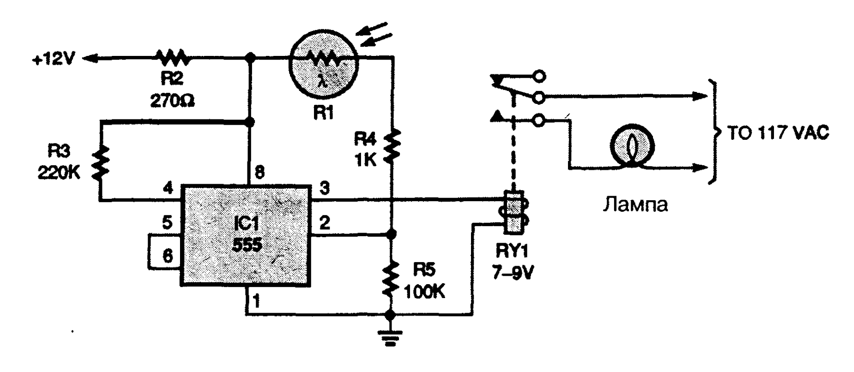
Everyday Practical Electronics ***Рис. 36.3***

Эта схема создавалась для модели пожарной машины; она состоит из 4 триггеров Шмитта (IC1). Переключение синих мигающих огней происходит с низкой частотой, которая вырабатывается генератором на IC1a. Его выходной сигнал управляет транзистором TR2, который и включает светодиод D2, а инвертированный IC1b сигнал одновременно управляет транзистором TR1, включающим светодиод D1. Светодиоды мигают противофазно. Выходы IC1a и IC1b используются для управления звуковыми генераторами на IC1c и IC1d, вырабатывающими две различные частоты. Пьезоизлучатель WD1, включенный на выходе генераторов, выдает звуковой сигнал, моделируя традиционную для Британии двухтональную сирену. Батарея B1 должна быть щелочной или аккумуляторной на 9 В, потому что потребляемый ток относительно высок. S1 – ползунковый скользящий выключатель, он расположен в хвостовой части автомобиля. Дополнительный динамик ставить необязательно.

ФОТОРЕЛЕ

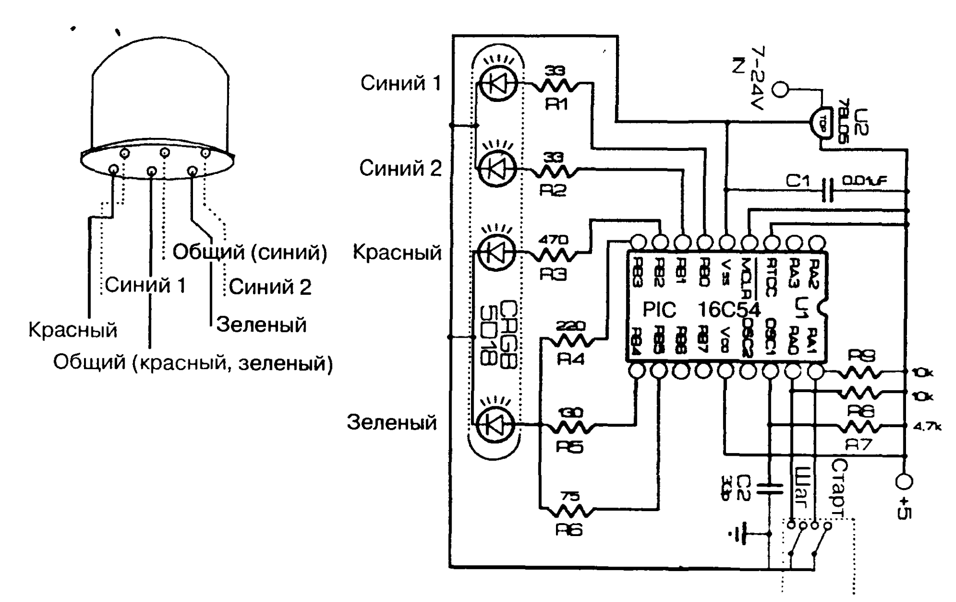
В этой схеме применен таймер типа 555, однако в данном случае он используется в качестве выключателя. Управляющий таймерный вход (вывод 2) подключен не

к времязадающему конденсатору, а к делителю напряжения. В верхнем плече делителя имеется фоторезистор R1, при попадании света на который зажигается лампа.



Popular Electronics **Рис. 36.4**

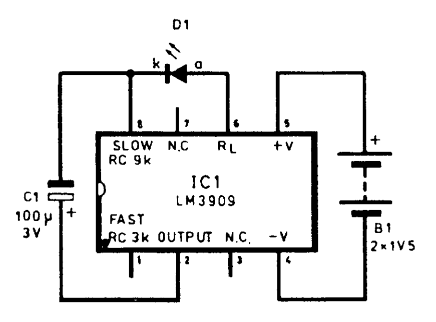
«МИГАЮЩАЯ РАДУГА»



Nuta and Volts **Рис. 36.5**

Многоцветный светодиод создает переливающуюся с различной скоростью «радугу» под управлением программируемого микроконтроллера PIC 16C54. RGB-светодиод производится фирмой Cree Electronics.

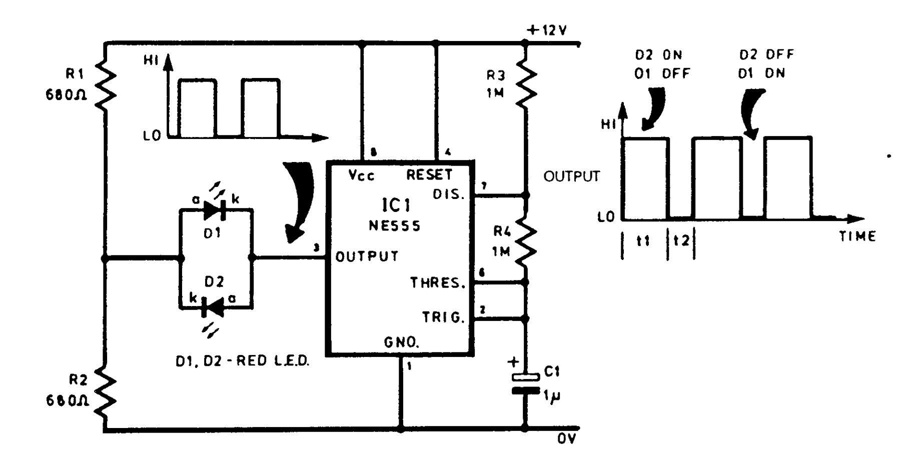
МИГАЮЩИЙ СВЕТОДИОД



Everyday Practical Electronics **Рис. 36.6**

На рисунке приведена простая схема управления светодиодом повышенной яркости с использованием специальной микросхемы типа LM3909.

ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕСЯ СВЕТОДИОДЫ



Everyday Practical Electronics **Рис. 36.7**

Показанная на рисунке схема переключателя двух светодиодов на основе таймера типа 555 работает от напряжения 12 В постоянного тока. На диаграмме видно, что светодиоды включаются в противофазе. Если на выходе IC1 высокий уровень напряжения, то светится D2 и ток течет через резистор R2. При низком уровне на выходе (вывод 3) ток протекает через резистор R1 и светодиод D1. Время включенного (T1) и выключенного (T2) состояния таймера рассчитывается по формулам:

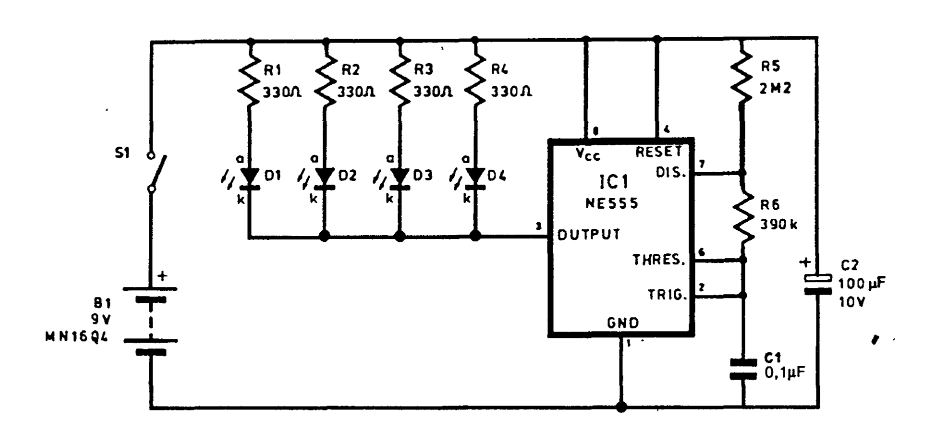
T1 = 0,7 (R3 + R4) C1,
T2 = 0,7 R4 C1.

Соответственно частота мигания светодиодов будет равна:

F = 1 / (T1 + T2).

В этих формулах частота указывается в герцах, время – в секундах, сопротивление – в омах, а емкость – в фарадах.

МИГАЮЩИЕ СВЕТОДИОДЫ ДЛЯ МОДЕЛИ САМОЛЕТА

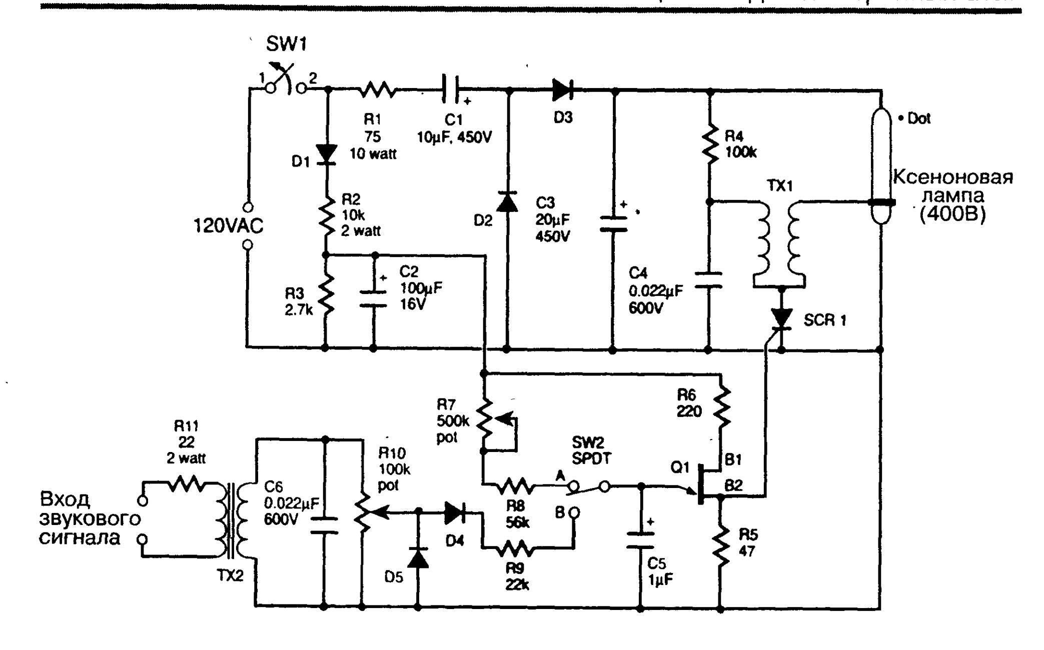


Everyday Practical Electronics **Рис. 36.8**

Схема, представленная на рисунке, использовалась для имитации огнестрельного оружия на модели летательного аппарата. Основа схемы – мультивибратор на микросхеме таймера типа 555, ее мощный выход позволяет подключить параллельно четыре светодиода повышенной яркости.

МУЗЫКАЛЬНЫЙ СТРОБОСКОП

На рисунке показана схема устройства, управляющего частотой вспышек импульсной лампы. Такое управление осуществляется в зависимости от положения переключателя SW2. В режиме A частота вспышек регулируется с помощью переменного резистора R7, который изменяет время заряда конденсатора C5 и частоту включения однопереходного транзистора Q1(2N4891). В режиме B частота мигания лампы определяется входным звуковым сигналом. Необходимый уровень сигнала на выходе разделительного трансформатора устанавливается потенциометром R10. Переменное напряжение звуковой частоты выпрямляется диодами D4 и D5, и через резистор R9 заряжается конденсатор C5. Время его заряда



Nuta and Volts **Рис. 36.9**

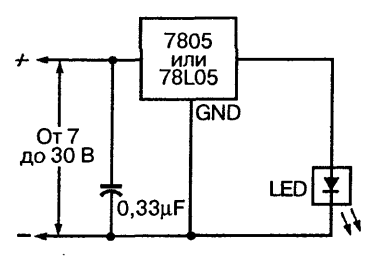
и частота включения Q1 определяется амплитудой звукового сигнала. Включение Q1 приводит к отпиранию тиристора SCR1 (400 В, 3 А), через который конденсатор C4 разряжается на первичную обмотку импульсного трансформатора TX1. На его вторичной обмотке образуется поджигающий импульс высокого напряжения (более 4 кВ). Этот импульс ионизирует газ в ксеноновой лампе, и она становится проводящей. Через лампу происходит разряд конденсатора C3 с напряжением 600 В – световая вспышка.

В процессе функционирования схемы могут возникать высокие напряжения (более 4000 В для импульсного трансформатора), поэтому требуются повышенные меры предосторожности. При сборке необходимо внимательно проверить полярность конденсаторов C1 и C3. Следует помнить, что элементы устройства соединены с сетью и прикосновение к ним небезопасно. Высоковольтные конденсаторы в схеме способны сохранять заряд некоторое время после выключения из сети, поэтому работать со схемой можно только после полного разряда конденсаторов.

РАСШИРЕНИЕ ДОПУСТИМОГО НАПРЯЖЕНИЯ МИГАЮЩЕГО СВЕТОДИОДА

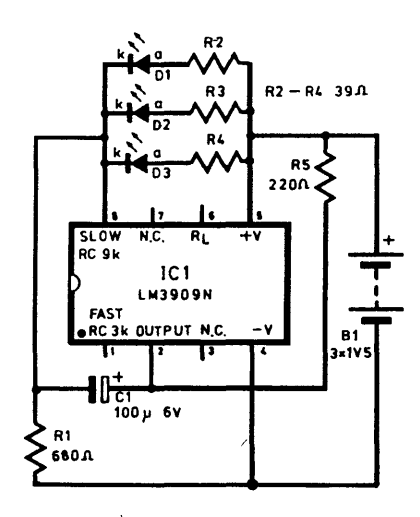
Схема, приведенная на рис. 36.10, поможет преодолеть ограничение по величине питающего напряжения. Мигающий светодиод способен работать при напряжении

7–30 В, если его включить на выход маломощного стабилизатора. Следовательно, напряжение на светодиоде не превысит выходного напряжения стабилизатора.



Electronics Now **Рис. 36.10**

УВЕЛИЧЕНИЕ МОЩНОСТИ МИГАЮЩЕГО МАЯЧКА

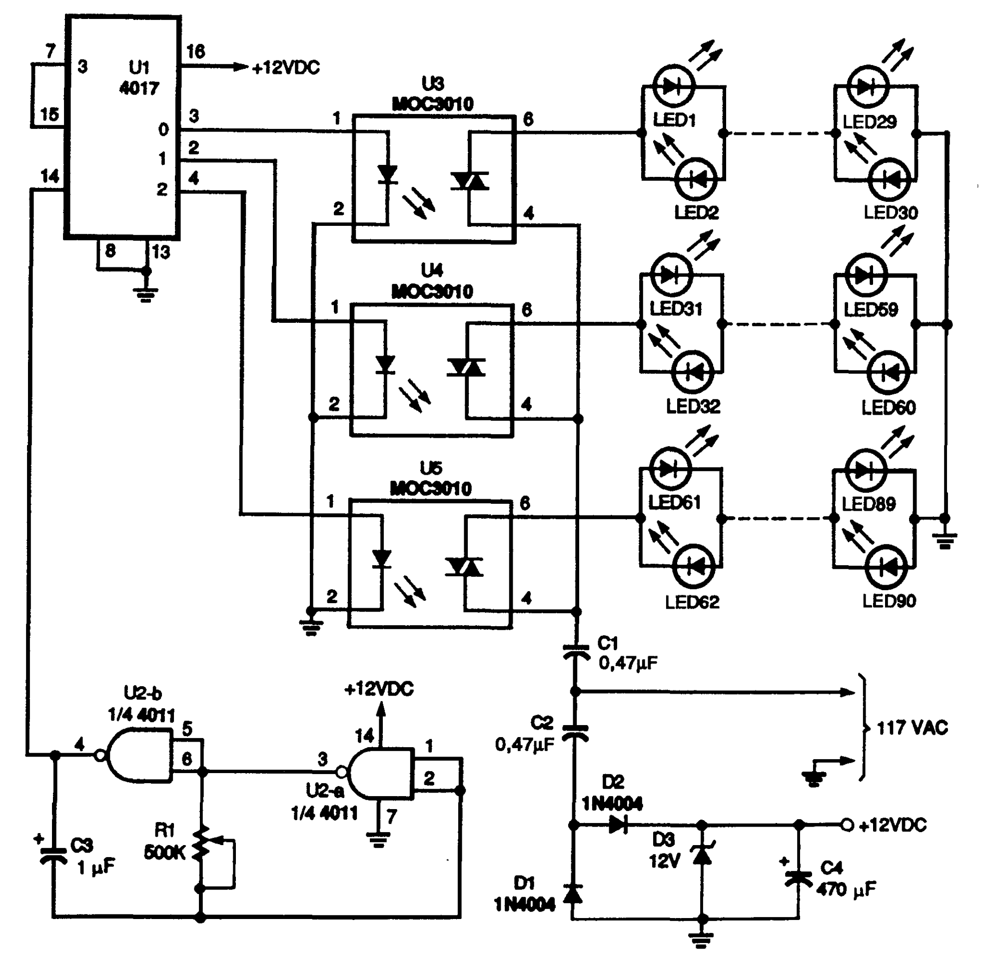


Everyday Practical Electronics **Рис. 36.11**

Мощность мигающего маячка можно увеличить, если включить параллельно три светодиода. Все три светодиода повышенной яркости нагружены на одну микросхему управления типа LM3909.

МИГАЮЩАЯ СВЕТОВАЯ СТРОКА НА СВЕТОДИОДАХ

На рисунке показана схема управления тремя гирляндами. Световые строки из светодиодов переключаются поочередно, и создается впечатление бегущих огней. При необходимости схема способна управлять и бóльшим числом гирлянд (до 10).

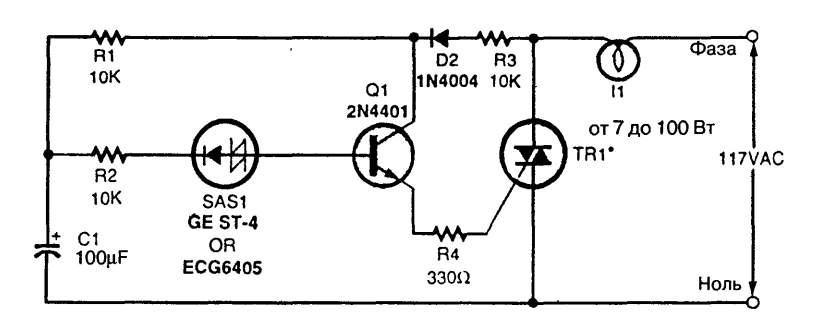


Popular Electronics ***Рис. 36.12***

Световые строки могут состоять из светодиодов одного или нескольких цветов. Все пять ИС получают питание от схемы на диодах D1, D2, D3 и конденсаторах C2, C4. Два элемента 2И-НЕ из счетверенной микросхемы типа 4011 (U2-a и U2-b) генерируют низкочастотные импульсы. Резистор R1 управляет частотой генератора, который подает импульсы на тактовый вход десятичного счетчика. С каждым тактовым импульсом счетчик 4017 изменяет состояние выходов и может выдавать до 10 управляющих сигналов. При наличии сигнала на выходе 3 светодиод (ИК) оптрона U3 отпирает тиристор, который включает первую гирлянду (LED1 – LED30). Следующий тактовый импульс зажигает вторую гирлянду (LED31 – LED60), потом загорается третья и т.д. При этом предыдущая гирлянда гаснет, и получается эффект бегущей строки. Резистором R1 можно устанавливать необходимую скорость переключения гирлянд. Когда требуется добавить гирлянды,

к дополнительным выходам счетчика 4017 подключают оптроны. Если используется более трех гирлянд, то надо соответственно изменить подачу импульса сброса на вывод 15 – с первого неиспользуемого выхода счетчика.

МИГАЮЩАЯ ЛАМПА



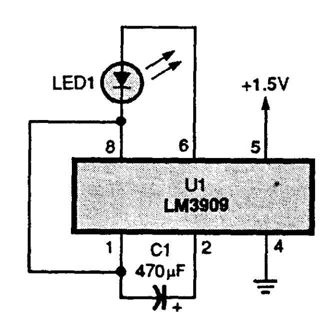
Popular Electronics **Рис. 36.13**

Показанная здесь простая схема генератора световых импульсов включает лампу накаливания примерно один раз в секунду. С приведенными номиналами компонентов лампа светится около трети периода, в остальное время она выключена.

В начале периода сетевого напряжения происходит заряд конденсатора С1 по цепи R3, D2 и R1. Когда напряжение на конденсаторе С1 достигает напряжения включения SAS1, происходит разряд конденсатора по цепи управляющего электрода симистора: R2, SAS1, Q1 и R4. Эмиттерный повторитель Q1 обеспечивает необходимую величину тока через управляющий электрод симистора. Пока симистор проводит, к лампе приложено напряжение сети. Далее при переходе сетевого напряжения через ноль симистор запирается и напряжение на лампе отсутствует. После смены полярности сетевого напряжения конденсатор С1 снова заряжается, и процесс повторяется. Для надежного отпирания симистора ток управления должен быть не менее 5 мА. Длительность включенного состояния лампы устанавливается конденсатором С1. Использование конденсатора большей емкости приводит к увеличению времени свечения, а меньшей – к уменьшению времени свечения и большей частоте мигания.

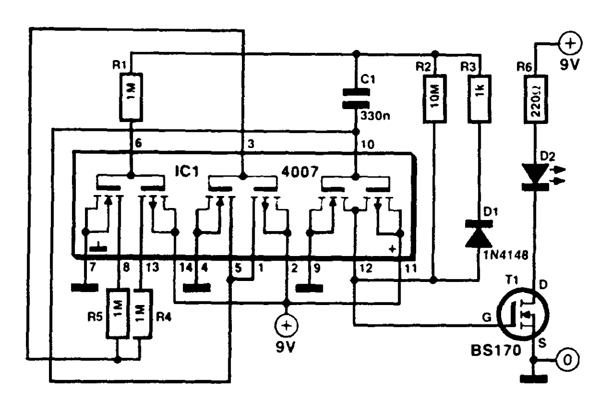
МИГАЮЩИЙ СВЕТОДИОД НА ОДНОЙ БАТАРЕЙКЕ

Микросхема LM3909 позволяет осуществить простейшее управление светодиодом. При этом устройство работает всего от одной батарейки 1,5 В и может обеспечить длительность действия до одного года при использовании батареи (элемента) щелочной системы повышенной емкости.



Popular Electronics **Рис. 36.14**

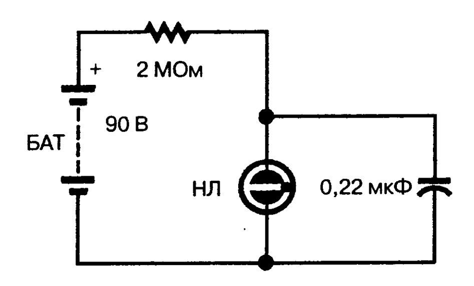
ЭКОНОМИЧНЫЙ МАЯЧОК



Elektor Electronics **Рис. 36.15**

Маячок с малым потреблением тока может быть изготовлен по приведенной схеме. Управляющий генератор на КМОП комплементарных парах и буферный каскад на полевом транзисторе T1 осуществляют периодическое включение и выключение светодиода D2. Генератор выполнен на трех инверторах из элементов микросхемы CD4007. Резисторы R4 и R5, включенные последовательно со стоками одной пары полевых транзисторов, обеспечивают самовозбуждение генератора. Период времени, когда выход схемы находится в состоянии высокого уровня, определяется цепью R3, C1 и D1, а элементы R2 и C1 задают время низкого уровня. Когда полевой транзистор открыт, светодиод горит и ток через него определяется резистором R6. Параметры элементов генератора подобраны так, что время включенного состояния светодиода равно 1 мс, а время выключенного – 1 с. Однако, несмотря на такое соотношение, его свечение хорошо видно, поскольку ток включенного светодиода составляет 30 мА. В данном режиме стандартная батарея на 9 В обеспечит работу устройства в течение трех лет.

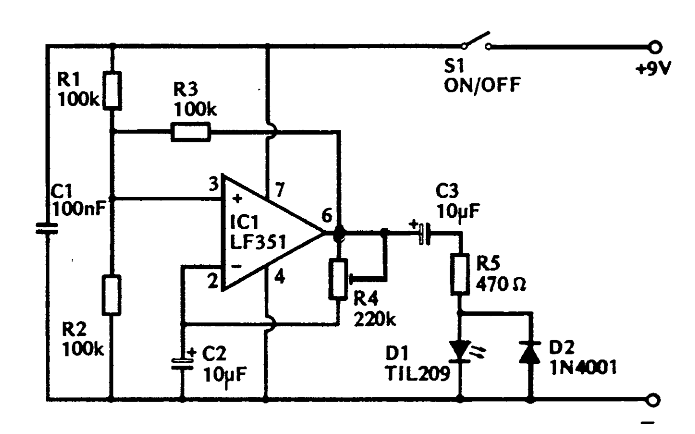
МИГАЮЩАЯ НЕОНОВАЯ ЛАМПА



Electronics Now **Рис. 36.16**

Схема работает следующим образом. При малом напряжении неоновая лампа не горит и имеет большое сопротивление, конденсатор медленно заряжается. Когда напряжение на нем увеличивается до напряжения зажигания неоновой лампы, она начинает проводить ток и загорается. Неоновая лампа имеет отрицательное динамическое сопротивление, поэтому при увеличении протекающего тока напряжение на ней падает. При уменьшении напряжения на конденсаторе лампа гаснет, таким образом, возникают периодические включения и выключения лампы.

СВЕТОВОЙ СЕКУНДОМЕР

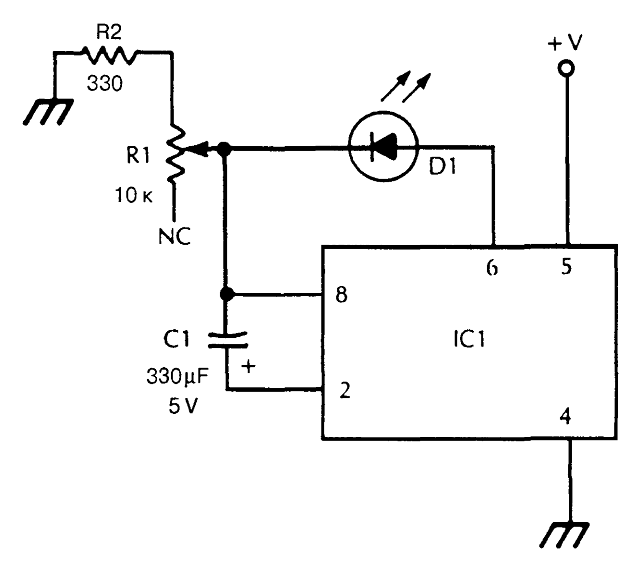


Electronic Experimenters Handbook **Рис. 36.17**

Принципиальная электрическая схема для секундных световых вспышек основана на операционном усилителе, который с помощью резисторов R1, R2 и R3 действует как триггер Шмитта. На выходе (вывод 6) будет низкий уровень напряжения, если потенциал инвертирующего входа превышает 2/3 V+. При уменьшении напряжения на инвертирующем входе ниже 1/3 V+ выход ОУ перейдет на высокий

уровень. При подключении инвертирующего входа к RC-цепи (из конденсатора C2 и резистора R4) происходит периодический процесс заряда и разряда, в результате чего возникают незатухающие колебания частотой 1 Гц. С помощью резистора R4 частоту мигания можно выставить точно по часам или приблизительно. Выход IC1 соединяется со светодиодом D1 через разделительный конденсатор C3 и токоограничивающий резистор R5. На светодиод поступают короткие импульсы тока во время заряда конденсатора C3. Разряд этого конденсатора происходит через защитный диод D2 для предохранения светодиода от обратного напряжения. Ток потребления устройства составляет около 2 мА.

СВЕТОДИОД С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ЧАСТОТОЙ ВСПЫШЕК

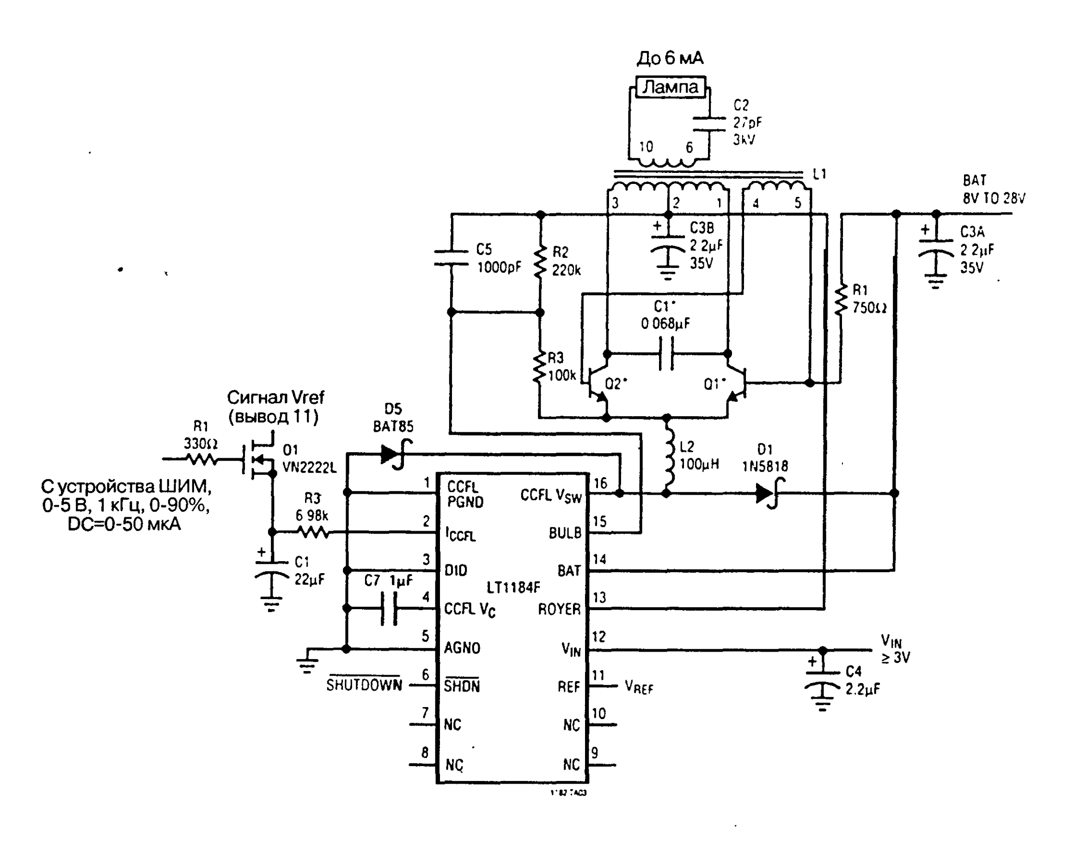


Tab Books **Рис. 36.18**

В этой схеме для управления светодиодом применена популярная микросхема LM3909. Частоту вспышек светодиода изменяет резистор R1, а R2 ограничивает максимальный ток в цепи потенциометра, чтобы предотвратить повреждение светодиода D1 или микросхемы IC1.

ГЛАВА 37
СХЕМЫ ПИТАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП

ДРАЙВЕР ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ С ХОЛОДНЫМ КАТОДОМ

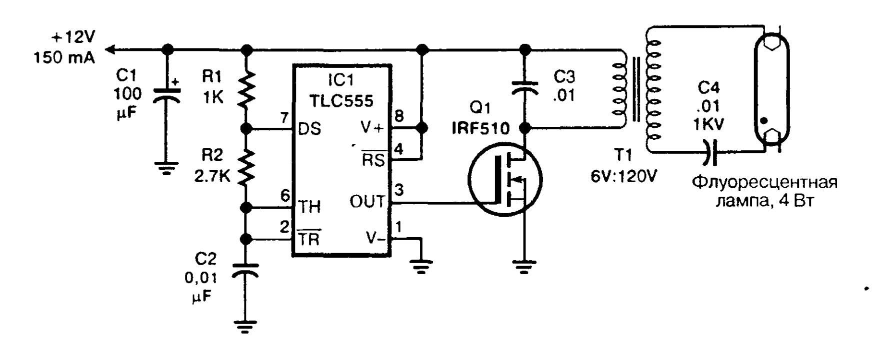


Linear Technology Power Solutions **Рис. 37.1**

В этой схеме лампа питается синусоидальным напряжением, поэтому радиочастотные излучения сведены к минимуму, что немаловажно для портативной аппаратуры. Интенсивность свечения лампы может изменяться от нуля до максимума без гистерезиса. Схема построена с гальванической развязкой цепи лампы для

обеспечения большей дальности освещения и минимизации паразитных емкостных потерь по цепи лампа – рамка дисплея. Сигнал обратной связи снимается с дополнительной обмотки трансформатора L1, которая имеет магнитную связь с первичной обмоткой преобразователя напряжения батареи, построенного по схеме Ройера. Импульсный регулятор на микросхеме LT1184F и дроссель L2 обеспечивают регулировку среднего значения тока преобразователя Ройера, выполненного на транзисторах Q1 и Q2, трансформаторе L1 с конденсатором C1. Лампа питается напряжением с вторичной обмотки трансформатора L1 (6–10). Обратная связь к LT1184F обеспечивается по первичному напряжению трансформатора L1 для схемы с гальванической развязкой лампы. В другой конфигурации схемы – с заземленной лампой – обратная связь осуществляется по среднему току потребления лампы. Частота генератора составляет 200 кГц: она выбрана с учетом минимизации размеров и потерь в трансформаторе L1.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ С БАТАРЕЙНЫМ ПИТАНИЕМ

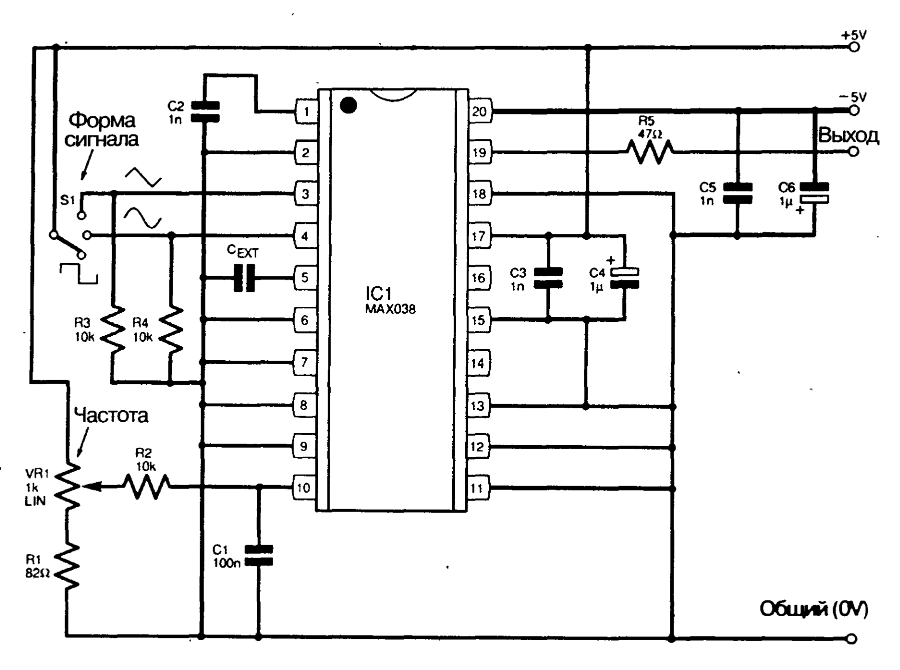


Electronics Now **Рис. 37.2**

Схема питания люминесцентной лампы мощностью 6 Вт состоит из генератора с частотой 20 кГц, ключевого силового транзистора (для увеличения мощности выхода микросхемы генератора) и повышающего трансформатора. Понижающий силовой трансформатор (120 В на 2×6 В) включен наоборот: первичная обмотка на 120 В является выходной, а половина вторичной – на 6 В – служит первичной и включена в цепь истока силового транзистора. Ненормированное использование трансформатора компенсируется повышенной частотой, за счет чего устраняется насыщение. Генератор прямоугольных импульсов выполнен на микросхеме таймера типа TLC555, включенной по схеме мультивибратора.

ГЛАВА 38
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА С ВЫСОКИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ



Everyday Practical Electronics **Рис. 38.1**

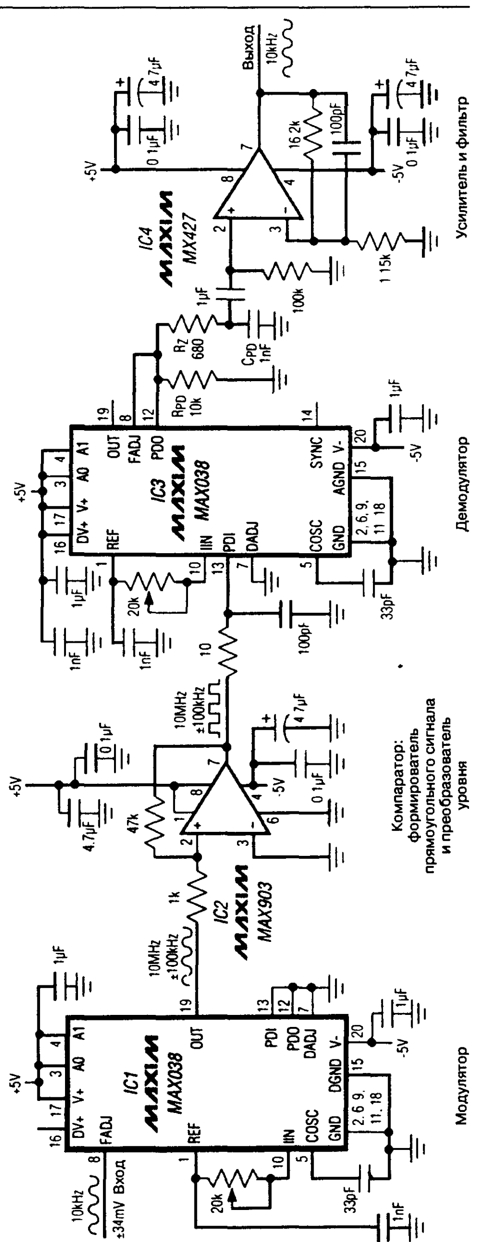
На рисунке показана простая схема включения генератора, выполненного на микросхеме MAX038. При работе с ней возникает существенная проблема, связанная с быстродействием микросхемы. Для достижения наилучших результатов следует сделать точную трассировку на двусторонней печатной плате. С одной стороны фольга должна быть экраном, а по другой стороне располагаются проводники. Практика показывает, что односторонняя печатная плата работает лучше при условии, что на ней имеется множество покрытых медью, заземленных участков. При этом защитные дорожки вокруг сигнальных путей хорошо развязывают их между собой и позволяют пропускать сигналы прямоугольной формы, в особенности с выхода синхронизации SYNC (14). Предлагаются следующие рекомендации по выбору компонентов:

- резисторы – 0,6 Вт, 1% металлопленочные;
- конденсаторы C1, C2, C3 и C5 – керамические дисковые;
- конденсаторы C4 и C6 – 35 В, танталовые высокочастотные;
- C_{EXT} – от 47 пФ до 47 мкФ в зависимости от частоты, полиэфирный или полистирольный.

ФМ-ДЕМОДУЛЯТОР

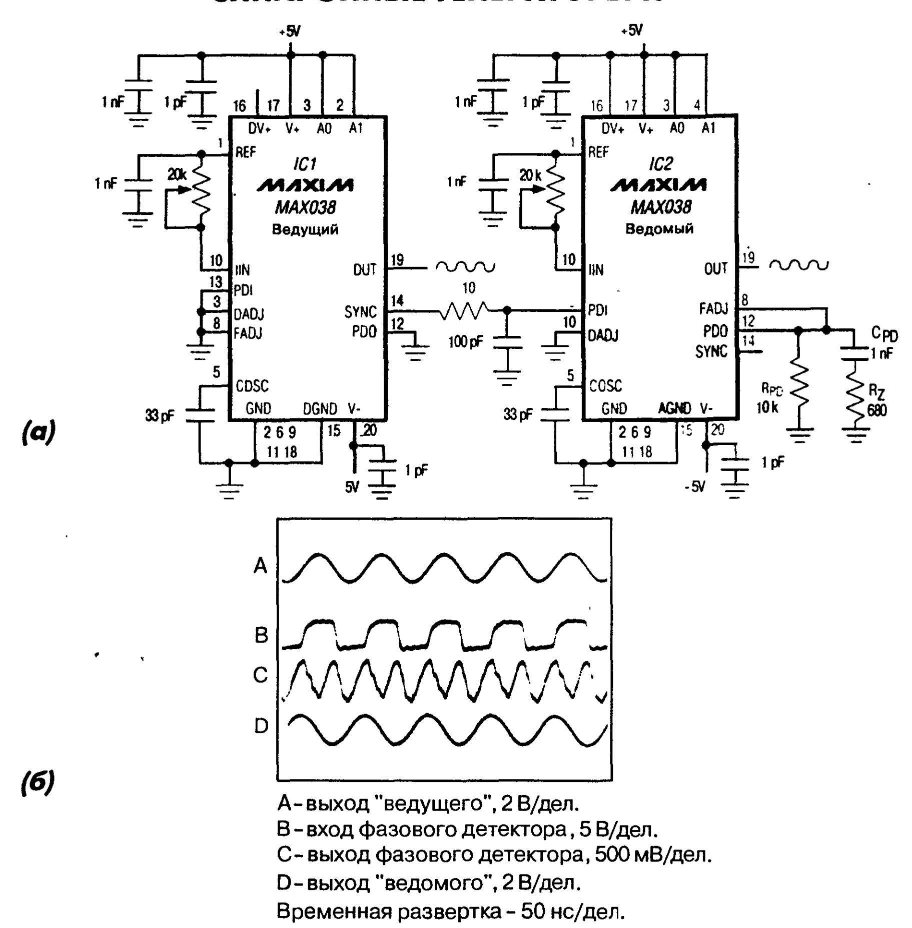
Частоты на выходе фазового детектора микросхемы I – это сумма и разность частот сигналов на выводах PDI и OUT. Таким образом, в соответствии с граничной частотой и коэффициентом усиления фильтр низких частот (микросхема IC4) пропускает только исходный сигнал 10 кГц, из которого и состоит демодулированный выходной сигнал. Полюс этого фильтра определяется резистором с сопротивлением 16,2 кОм и конденсатором емкостью 100 пФ. Частотная характеристика ФАПЧ микросхемы IC3 устанавливается RC-цепочкой R_Z и C_{PD} и резистором R_{PD}. Если контур замкнут, то сдвиг по фазе сигнала на PDI относительно выходного сигнала составляет приблизительно четверть периода, скважность сигнала на PDO – 50%, а среднее значение выходного тока – 250 мкА. Необходимо, чтобы значение втекающего тока на FADJ постоянно равнялось 250 мкА, так как при изменении этого значения возникает двуполярное напряжение ошибки на резисторе R_{PD}, которое формирует входное напряжение на FADJ.

Примечание. *Внутренний фазовый детектор MAX038 – это детектор, выполняющий фазовую автоподстройку, и его полоса захвата частоты ограничивается шириной полосы петлевого фильтра. Для применения в более широком диапазоне рассматривается внешний фазочастотный детектор.*



Maxim Engineering Journal **Рис. 38.2**

СИНХРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА MAX038

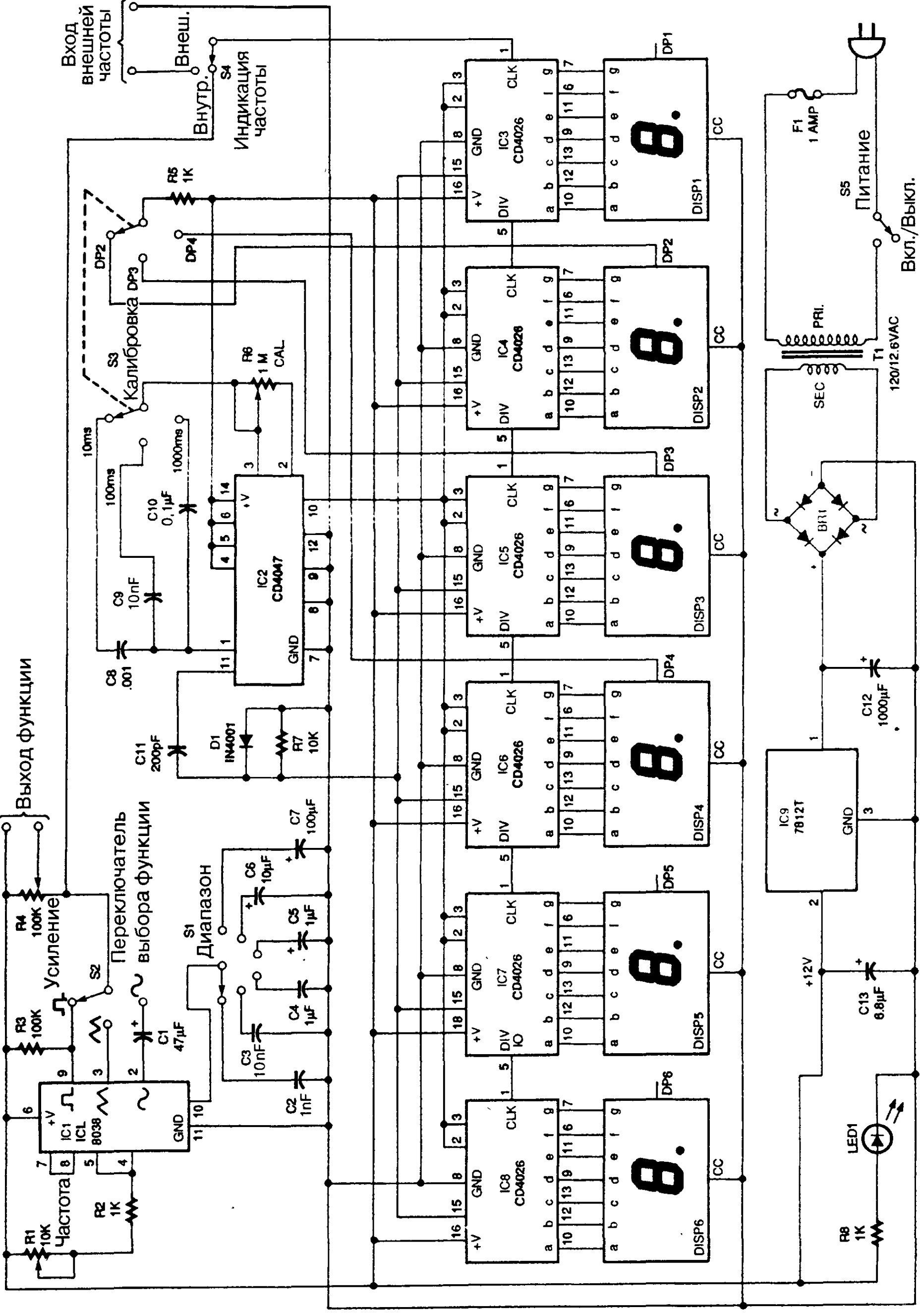


А - выход "ведущего", 2 В/дел.
В - вход фазового детектора, 5 В/дел.
С - выход фазового детектора, 500 мВ/дел.
D - выход "ведомого", 2 В/дел.
Временная развертка - 50 нс/дел.

Maxim Engineering Journal **Рис. 38.3**

Внутренний фазовый детектор микросхемы MAX038 предназначен в основном для использования в системах фазовой автоподстройки. На рис. 38.3а показана синхронизация операций фазового детектора микросхемы IC2 с микросхемой IC1. Следует подать опорный сигнал на ТТЛ и КМОП – совместимый вход фазового детектора (PDI) микросхемы IC2 – и соединить выход фазового детектора (PDO) с входом (FADJ) внутреннего генератора, управляемого напряжением (ГУН). PDO – это выход логического элемента Исключающее ИЛИ (смеситель частоты), который выдает токовые импульсы прямоугольной формы с частотами, равными сумме и разности частоты PDI и выходной частоты микросхемы MAX038. Эти сигналы интегрируются конденсатором C_{PD} в выходное напряжение треугольной формы на PDO (см. рис. 38.3б). RC-цепь 10 Ом и 100 пФ на входе PDI ограничивает скорость нарастания сигнала до 10 нс.

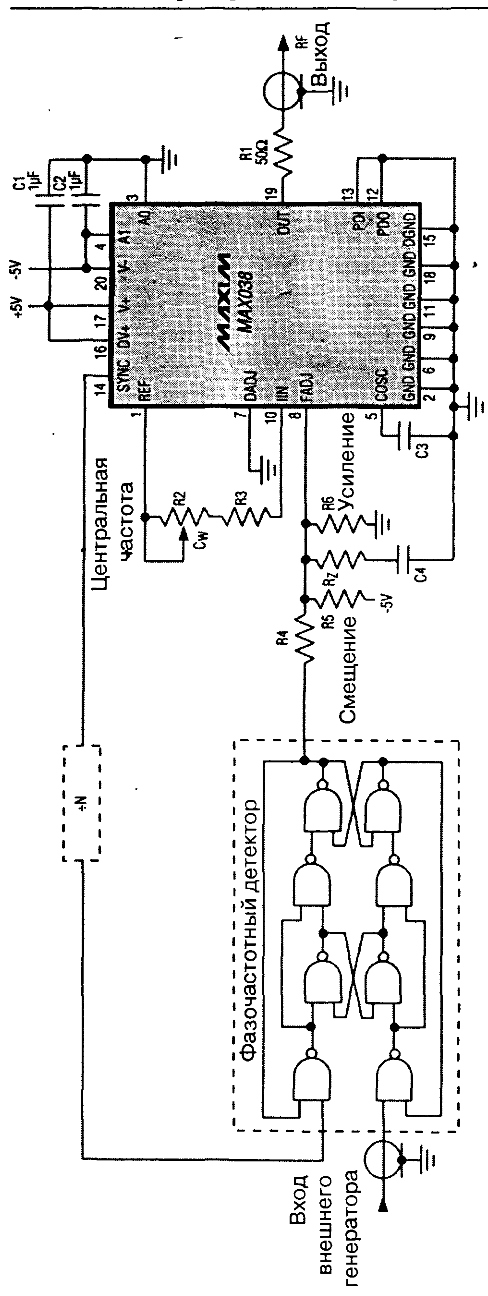
НАСТОЛЬНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР СО ВСТРОЕННЫМ СЧЕТЧИКОМ



Electronics Now

Рис. 38.4

С помощью этой схемы можно формировать сигналы синусоидальной, прямоугольной и треугольной формы в диапазоне частот 0,1 Гц – 1 МГц. В схеме также имеется КМОП счетчик, который определяет и индицирует частоту функционального генератора или частоту внешнего сигнала с размахом в несколько вольт.

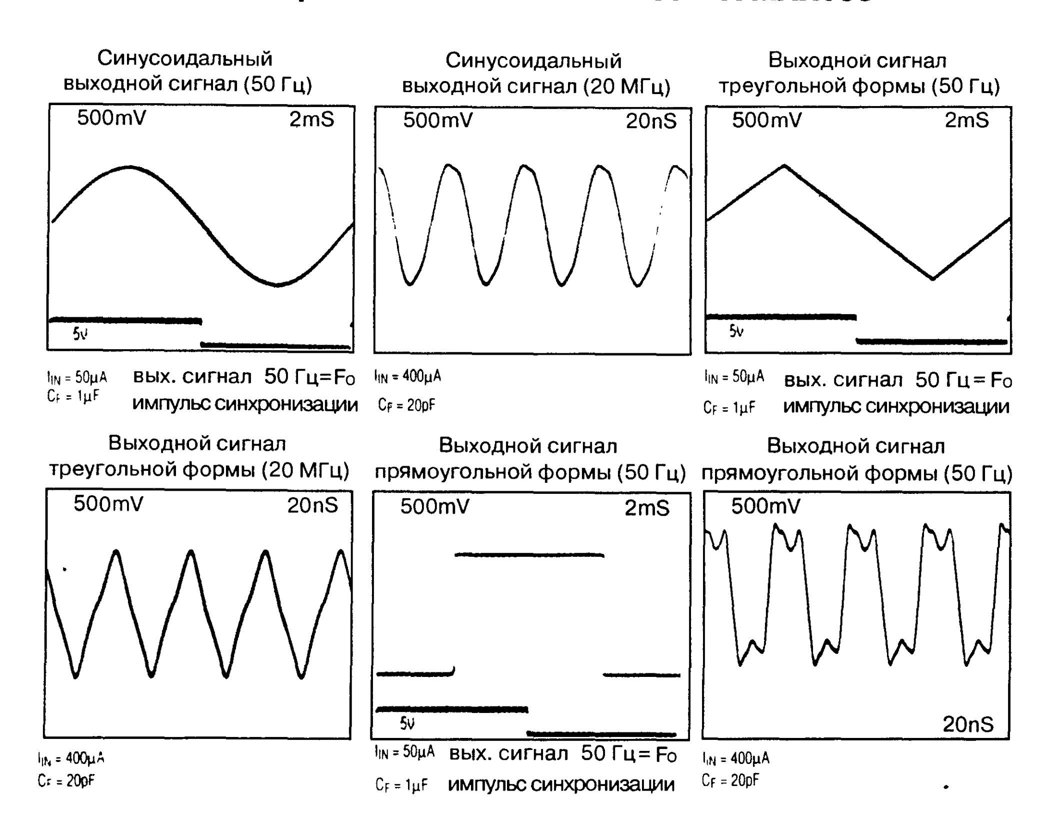


Maxim Engineering Journal **Рис. 38.5**

СХЕМА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ С ДЕЛЕНИЕМ НА N

В системе фазовой автоподстройки может быть использована ИС функционального генератора MAX038. Чтобы получить преимущества более широкой полосы захвата и схемы выборочного деления на N (которые позволяют ФАП захватывать произвольные кратные частоты к приложенной частоте), следует ввести внешний фазочастотный детектор, такой как 74HC4046 или представленную версию на дискретных логических элементах. В отличие от фазовых детекторов, которые могут захватывать гармоники подаваемого сигнала, фазочастотный детектор захватывает только основную частоту. При отсутствии подаваемого сигнала на его выходе устанавливается положительное напряжение (уровень логической единицы), которое управляет выходным сигналом RF до нижней границы его диапазона и определяется резисторами R4 – R6. Эти резисторы также устанавливают ту полосу частот, в пределах которой система ФАПЧ может выполнять захват. Кроме того, резисторы R4 – R6, конденсатор C4 и резистор R_Z определяют динамические характеристики системы ФАП.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА MAX038



Maxim Engineering Journal **Рис. 38.6 (а)**

Микросхема MAX038 – это прецизионный высокочастотный функциональный генератор с минимальным числом внешних компонентов, который вырабатывает колебания правильной синусоидальной, прямоугольной, треугольной, пилообразной и импульсной формы. Внутренний источник опорного напряжения, равный 2,5 В, вместе с внешним конденсатором и потенциометром позволяют варьировать частоту сигнала от 0,1 Гц до 20 МГц. Подаваемый извне управляющий сигнал ±2,3 В изменяет скважность от 10 до 90%, что дает возможность осуществлять генерацию колебаний пилообразной формы и широтно-импульсную модуляцию. Второй частотно-управляемый вход, используемый в основном как вход ГУН в ФАП применениях, обеспечивает точное управление на ±70%, что также позволяет реализовать генерацию качающейся частоты и частотную модуляцию. Частота и скважность управляются независимо друг от друга. Амплитуды всех выходных сигналов имеют размах 2 В и симметричны относительно земли. Благодаря низкому выходному сопротивлению токи могут достигать величины ±20 мА, а 2-битовый код ТТЛ совместимых входов A0 и A1 позволяет выбрать форму выходного сигнала: синусоидальную, прямоугольную или треугольную.

5 COSC
Cp
6 GND
Генератор
Треугольная
OSC A
OSC B
Формирователь синусоидальных сигналов
Треугольная
Прямоугольная
3 A0
4 A1
MUX
Выход
19
R_L
C_L
8 FADJ
7 DADJ
Генератор, управляемый током
10 IIN
Компаратор
MAXIM
MAX038
Компаратор
Синхронизация 14
R_F R_D R_{IN}
-250µA
1 REF
Источник опорного напряжения 2,5 В
Фазовый детектор
PDO 12
PDI 13
+5V
17 V+
-5V
20 V-
2 9, 11 18 GND
DGND 15
DV+ V+ 16
+5V

→ – направление сигнала, без полярности

* – шунтирующие конденсаторы: керамический, емкостью 1 мкФ или электролитический емкостью 1 мкФ параллельно с керамическим емкостью 1 нФ

Рис. 38.6 (б)

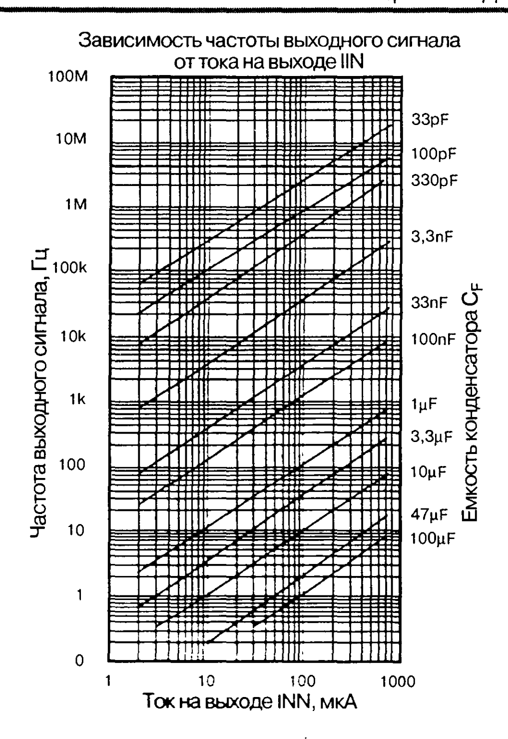


Рис. 38.6 (в)

Таблица 38.6

A0	*A1*	*Форма выходного сигнала*
X	*1*	*Синусоидальная*
0	*0*	*Прямоугольная*
1	*0*	*Треугольная*

Примечание. *X – неопределенное состояние.*

СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ

Синтезатор частоты, программируемый цифровым способом, можно создать на основе микросхемы MAX038 и четырех других ИС. Он может формировать колебания правильной формы – синусоидальные, прямоугольные или треугольные – в диапазоне 8 кГц – 16,383 МГц с шагом 1 кГц. Каждый из 14 переключателей (в разомкнутом состоянии) влияет на частоту выходного сигнала в соответствии с указанными на них значениями. Например, если разомкнуты только переключатели S0, S1 и S8, то частота выходного сигнала будет равна 259 кГц. Переключатели формируют 14-битовое цифровое слово, которое поступает одновременно на ЦАП (микросхема IC2) и схему деления на N (программируемый счетчик) на микросхеме IC1. Микросхема IC1 также включает в себя кварцевый управляемый генератор (КГУН) и быстродействующий фазовый детектор, которые образуют схему ФАП с ГУН на IC5. Микросхема сдвоенного операционного усилителя (IC4) и ЦАП

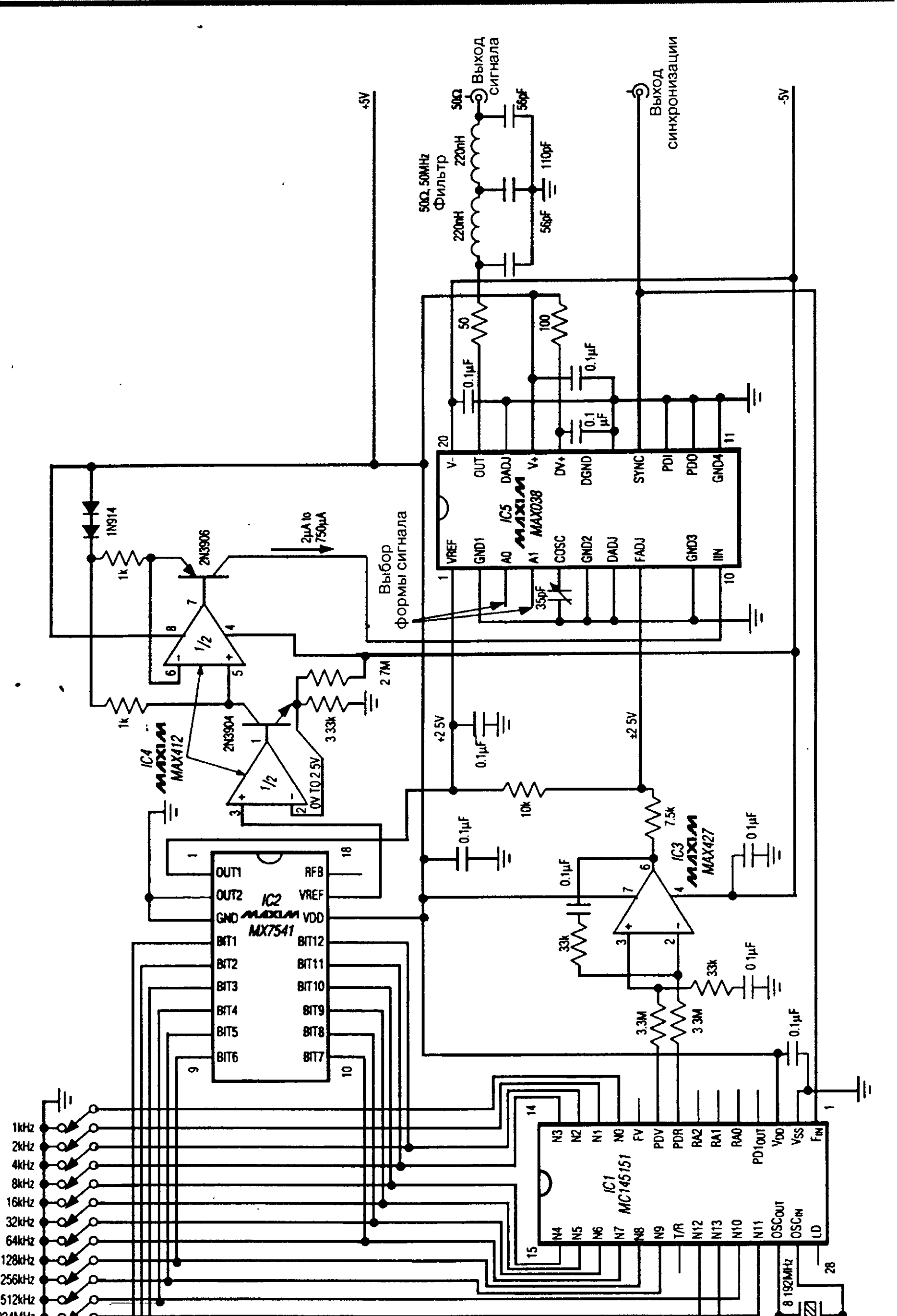

S0 1kHz
S1 2kHz
S2 4kHz
S3 8kHz
S4 16kHz
S5 32kHz
S6 64kHz
S7 128kHz
S8 256kHz
S9 512kHz
S10 1.024MHz
S11 2.048MHz
S12 4.096MHz
S13 8.192MHz
IC1 MC145151
IC2 MAXIM MX7541
IC3 MAXIM MAX427
IC4 MAXIM MAX412
IC5 MAXIM MAX038
2N3904
2N3906
1N914
2µA to 750µA
0V TO 2.5V
Выбор формы сигнала
50Ω, 50MHz Фильтр
220nH
56pF
110pF
50Ω
Выход сигнала
Выход синхронизации
+5V
-5V
+2.5V
±2.5V
8.192MHz
20pF
35pF

Рис. 38.7

выдают ток от 2 до 750 мкА, который задает грубую настройку выходной частоты IC5, достаточную для того, чтобы ввести данную частоту в полосу захвата ФАП. Этот контур, в котором фазовый детектор на микросхеме IC1 сравнивает частоту сигнала с выхода SYNC микросхемы IC5 с частотой кварцевого генератора, деленной на N, выдает информацию о разности фаз на PDV и PDR (сигнал ошибки). Затем микросхема IC3 фильтрует и преобразует сигнал ошибки в сигнал напряжением ±2,5 В, поступающий на несимметричный выход, который при суммировании с сигналом смещения (переноса) и поступлении на FADJ задает точное значение частоты выходного сигнала, устанавливаемое переключателями.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

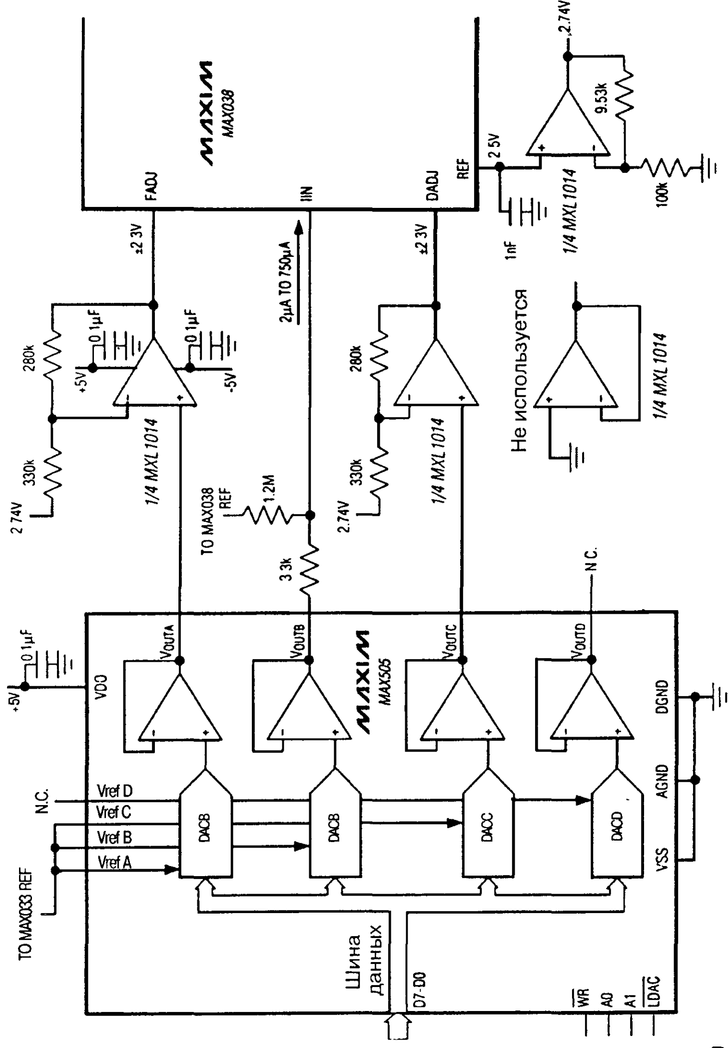
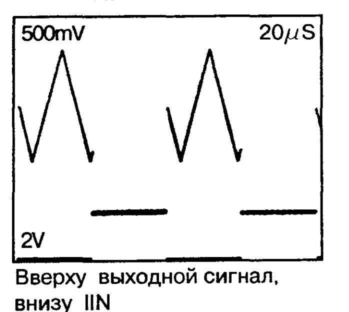


 Рис. 38.8 (а)

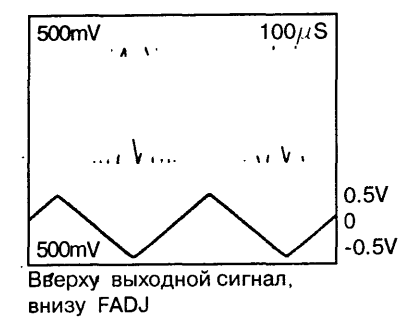


Частотная модуляция, использующая IIN



Вверху выходной сигнал, внизу IIN

Частотная модуляция, использующая FADJ



Вверху выходной сигнал, внизу FADJ

Рис. 38.8 (б)

Зависимость частоты нормализованного выходного сигнала от напряжения на FADJ

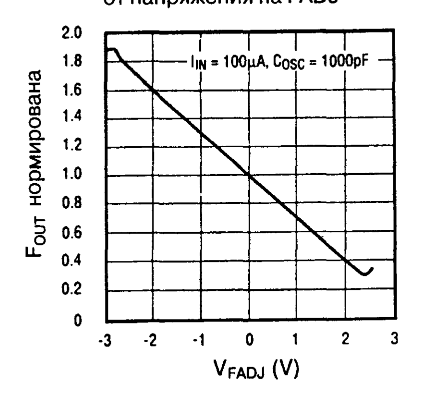
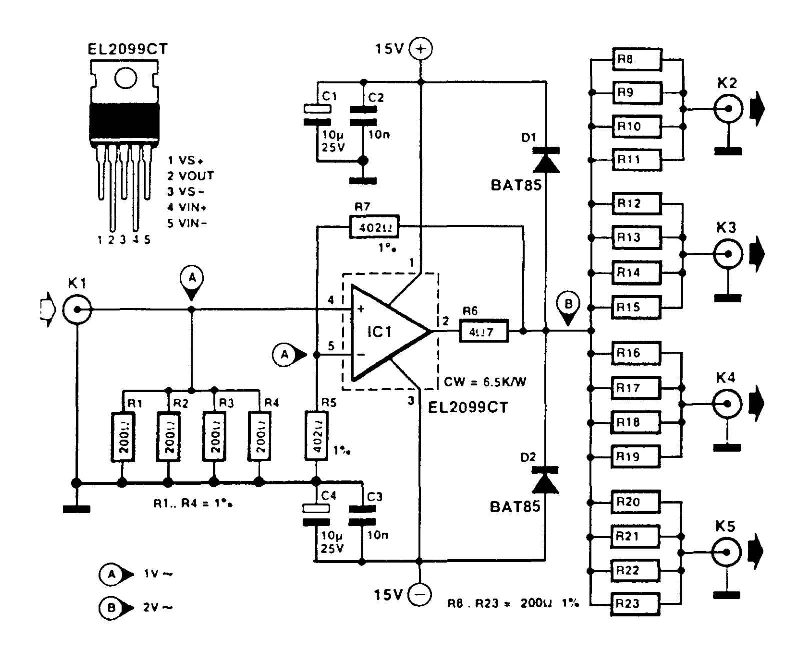


Рис. 38.8 (в)

На рис. 38.8а показано, как осуществить цифровую регулировку частоты. Для этого нужно подсоединить ЦАП с потенциальным выходом к IIN через последовательно включенный резистор. Полный диапазон значений выходных напряжений преобразователя составляет 0–2,5 (2,55–2,56) В, поэтому токи, идущие в IIN от преобразователя, находятся в диапазоне 0–748 мкА. При опорном напряжении 2,5 В и сопротивлении резистора 1,2 МОм величина тока равна 2 мкА; следовательно, согласно принципу суперпозиции суммарный ток на IIN составляет от 2 мкА (код 00000000) до 750 мкА (код 11111111). Значение рабочих напряжений ИС счетверенных ЦАП находится в пределах от –5 до +5 В; кроме того, ИС может осуществлять цифровое управление FADJ и DADJ (см. ниже). При точной настройке (±70%) на вывод регулировки частоты (FADJ) подается управляющее напряжение ±2,3 В. Достаточно большая ширина полосы как у FADJ, так и у IIN позволяет модулировать частоту выходного сигнала при максимальном значении ~2 МГц. Предпочтительнее использовать IIN в системах ФАПЧ с разомкнутым контуром (петлей), так как он является более линейным входом. Для цифрового управления (FADJ) ЦАП и внешний операционный усилитель соединяются, как показано на рис. 38.8а, чтобы обеспечить диапазон выходных напряжений от –2,3 В (00000000) до +2,3 В (11111111).

МОЩНЫЙ БУФЕРНЫЙ КАСКАД ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

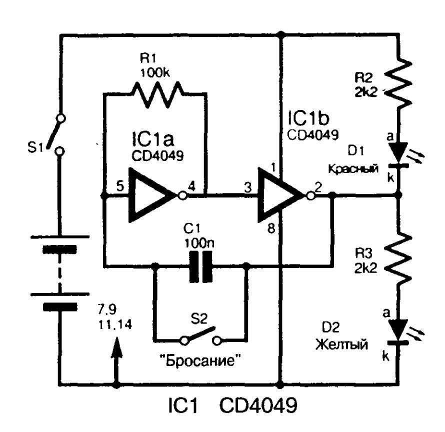
Эта буферная схема (рис. 38.9) может быть использована как выходной каскад для любого функционального генератора, работающего на несколько нагрузок. Основной узел схемы – ИС видеоусилителя фирмы Elantec, EL2099CT (описан в справочниках RS Components). У этого интересного прибора полоса пропускания в пределах 3 дБ составляет не менее 65 МГц при усилении равном 2. Именно такой усилитель применяется при работе на нагрузки 50 Ом (до четырех) при максимальной амплитуде сигнала 10 В. При использовании в области видеотехники EL2099CT может работать на нагрузки 75 Ом (до шести). Его коэффициент усиления равен 2; из-за возникающих проблем с нестабильностью единичный коэффициент усиления невозможен. Ширина полосы у схемы, показанной на рисунке, больше 10 МГц при амплитуде выходного сигнала больше 10 В и потреблении тока порядка 200 мА.



Elector Electronics **Рис. 38.9**

ГЛАВА 39
ИГРОВЫЕ СХЕМЫ

ИГРОВАЯ СХЕМА «ОРЕЛ ИЛИ РЕШКА»

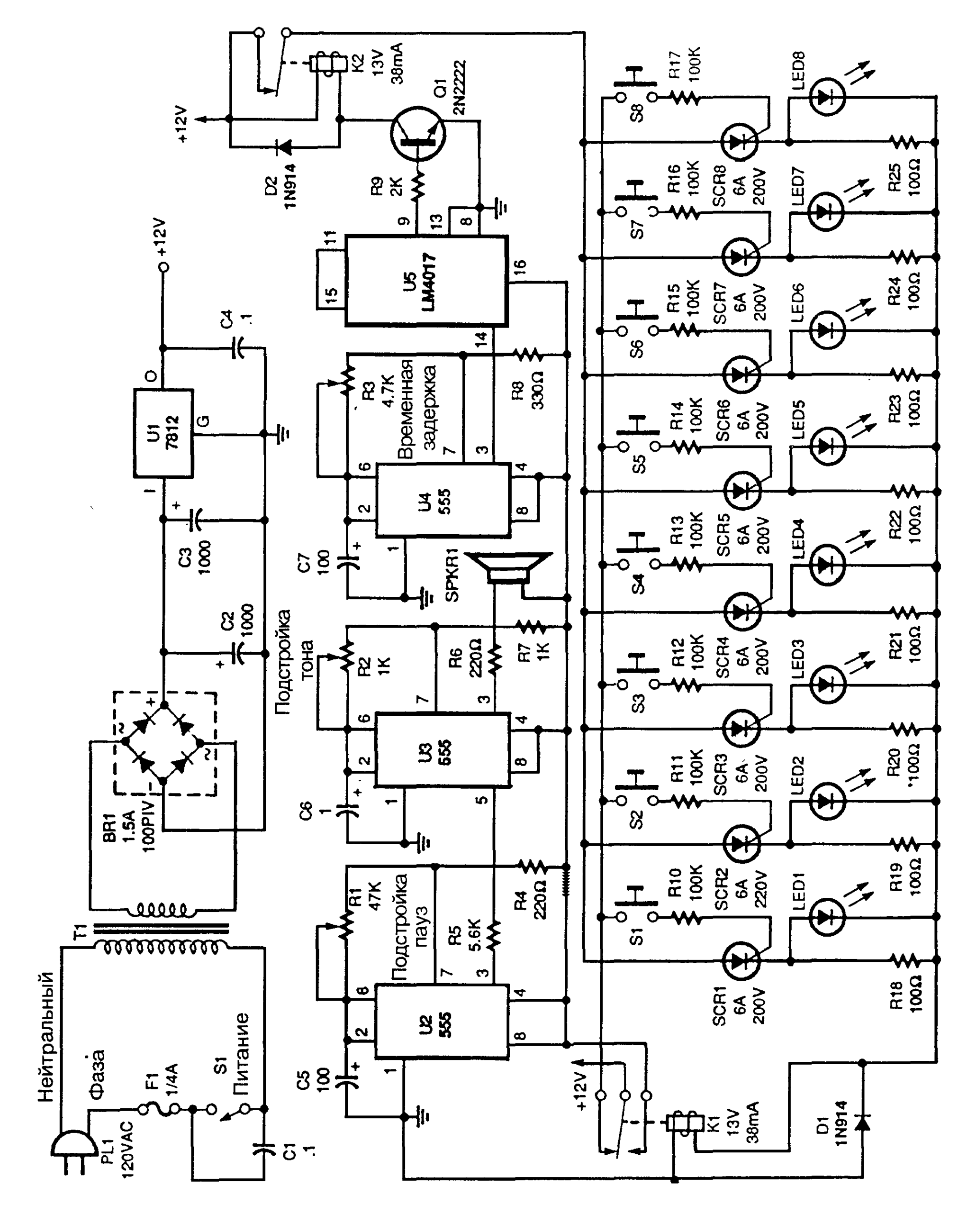


Everyday Practical Electronics **Рис. 39.1**

Схема разработана как электронная модель бросаемой монеты и основана на инверторах ИС типа 4049 (с шестью инверторами). Элементы IC1a и IC1b соединены как генератор, который быстро и поочередно включает два светодиода (D1 и D2). Частота срабатывания слишком высока для того, чтобы быть различимой невооруженным глазом, поэтому кажется, что оба светодиода горят постоянно. При замыкании переключателя «Бросание» (SPIN) светодиод, который горел в тот момент, когда переключатель был замкнут, продолжает гореть. Размыкание переключателя S2 снова включает генератор; при этом каждый светодиод горит. Эта схема может быть использована в коллективных играх, где требуется, например, выбрать, кому из игроков ходить первым.

КТО БЫСТРЕЕ

Схема, представленная на рис. 39.2, используется в состязаниях, играх и т.п. При нажатии одной из кнопок тиристор (SCR) включается, зажигая связанный с ним светодиод (LED) и препятствуя какому-либо другому тиристору запустить систему. U2 и U3 образуют «генератор трелей» (модулятор частоты), в то время как U4 и U5 осуществляют временную задержку.

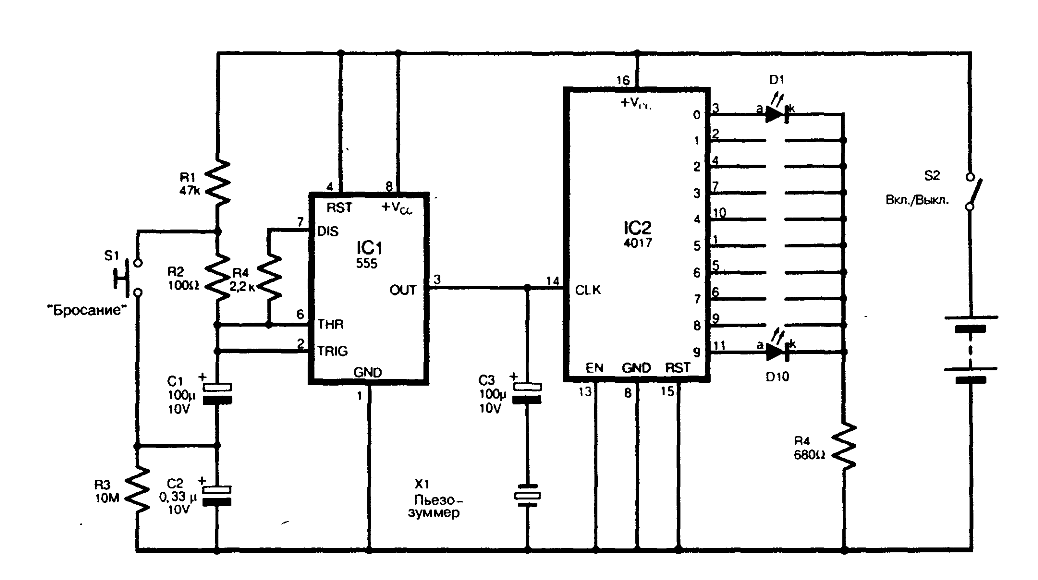


Popular Electronics

Рис. 39.2

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

МИНИ-РУЛЕТКА



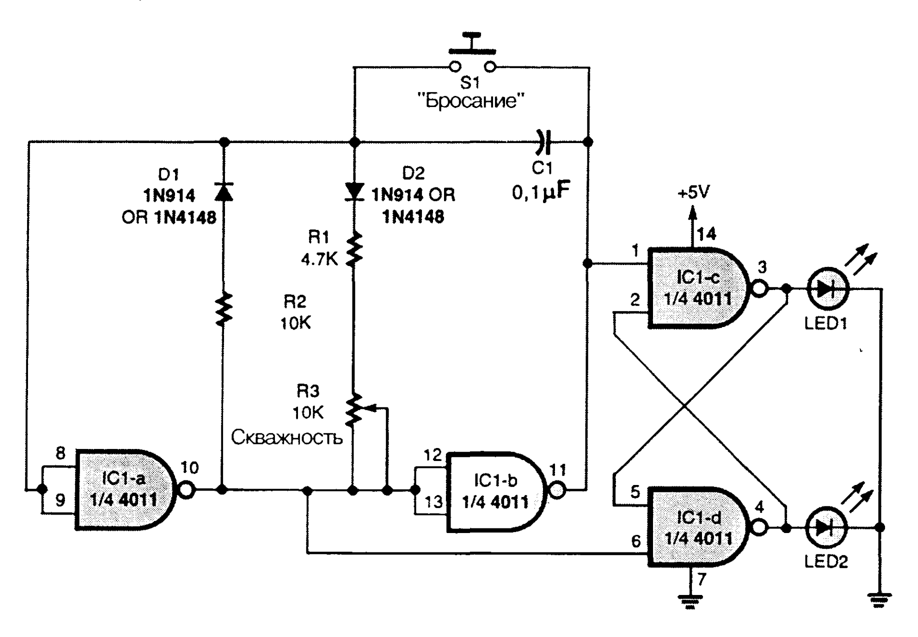
Everyday Practical Electronics **Рис. 39.3**

На рис. 39.3 показана схема карманного варианта электронной рулетки, питающейся от мини-аккумулятора. В этом приборе применяется десятичный счетчик типа 4017 (IC2), работающий на десять светодиодов. Так как в отдельный момент времени светится только один светодиод, то используется один ограничивающий резистор (R4). Для дополнительного эффекта можно расположить светодиоды поочередно (красный–зеленый). Счетчик IC2 получает тактовые импульсы от микросхемы таймера типа 555 (IC1), включенной в режиме генератора. При нажатии кнопки «Бросание» (SPIN) достигается самая высокая скорость «вращения», а при ее отпускании скорость индикации дисплея постепенно снижается до полной остановки на одном светодиоде. Частоту переключения генератора можно регулировать при помощи конденсатора C2; нестабильность, возникающую при остановке «вращения» светодиодов, предотвращает резистор R3. Пьезозуммер (X1) подает звуковой сигнал с выхода генератора.

СХЕМА «БРОСАНИЕ МОНЕТЫ»

Схему «бросание монеты» можно изготовить на основе КМОП интегральной схемы типа 4011 или 4001. (Заметим, что номера выводов ИС на рисунке подходят как для 4011, так и для 4001.) Два элемента этой ИС образуют тактовый генератор, а остальные составляют триггер с двумя устойчивыми состояниями. В схеме генератора необходимо выставить скважность 50%, регулируя потенциометр R3

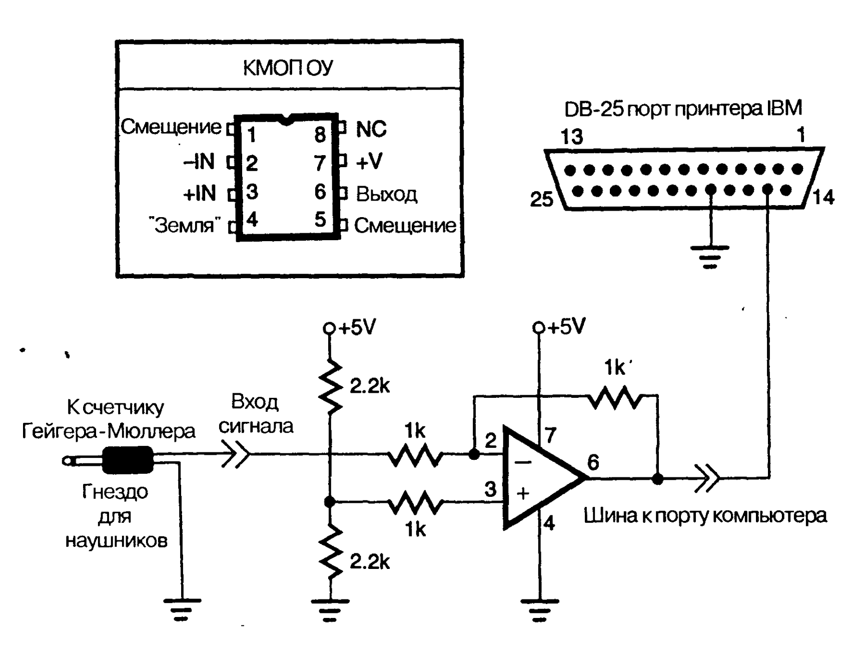
(10 кОм). В случае отсутствия прибора для измерения скважности можно просто измерять постоянный ток, протекающий через каждый светодиод во время регулировки. Когда токи станут одинаковыми, тактовый генератор будет настроен на скважность 50%.



Popular Electronics **Рис. 39.4**

ГЛАВА 40
СХЕМЫ СЧЕТЧИКОВ ГЕЙГЕРА

ПОДКЛЮЧЕНИЕ СЧЕТЧИКА ГЕЙГЕРА К IBM

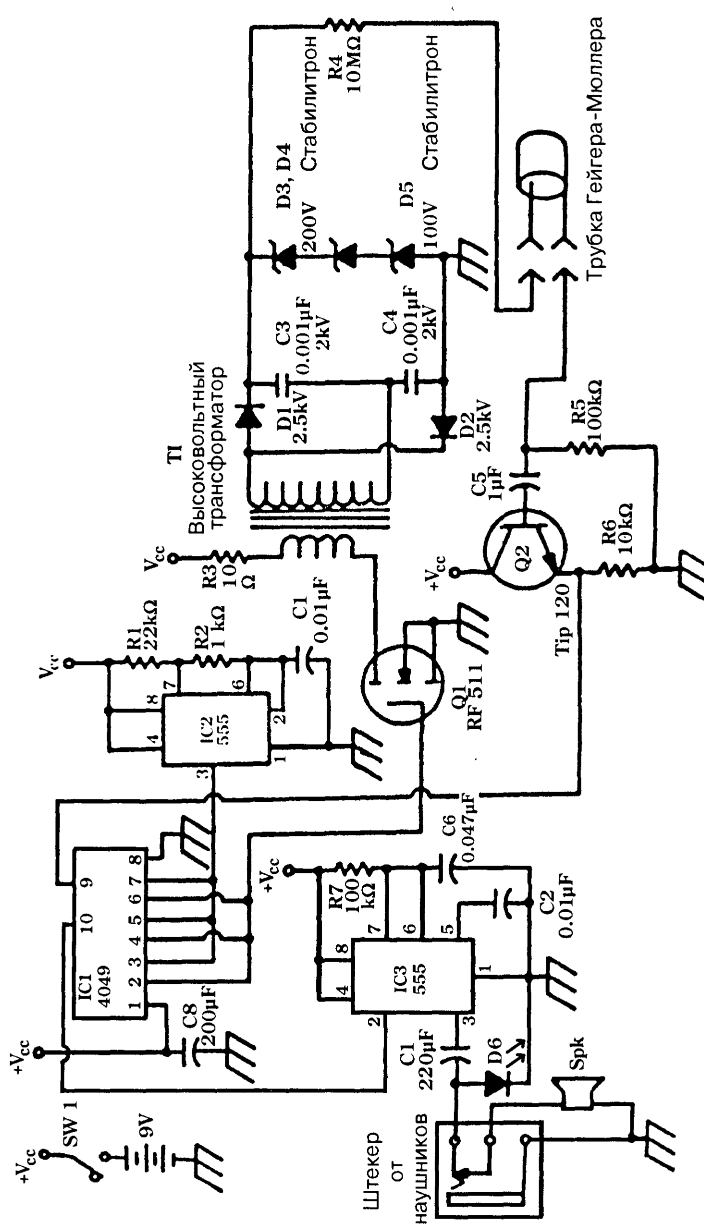


Nuts and Volts **Рис. 40.1**

Самый простой способ подключения счетчика Гейгера к компьютеру типа IBM – использование гнезда для наушников, соединенного с параллельным портом. Уровень выходного сигнала счетчика Гейгера на гнезде для наушников постоянный, равный +5 В. Когда счетчик обнаруживает радиацию, сигнал резко падает до 0 В на несколько миллисекунд, а затем снова возвращается к значению +5 В. Несмотря на то что величина сигнала составляет от +5 до 0 В, небезопасно подсоединять провода от внешней схемы или прибора непосредственно к параллельному порту компьютера без буферного каскада. В нашем случае операционный усилитель (ОУ) работает от однополярного источника питания +5 В, инвертируя сигнал от счетчика Гейгера. Так как уровень импульсных сигналов составляет от +5 до 0 В, от ОУ не требуется никакого усиления, поэтому он включается как инвертирующий повторитель с единичным коэффициентом усиления. Благодаря тому, что ОУ

инвертирует сигнал от счетчика Гейгера, компьютер считывает со своей линии постоянный сигнал 0 В и импульсы +5 В в случае обнаружения радиации.

СХЕМА СЧЕТЧИКА ГЕЙГЕРА

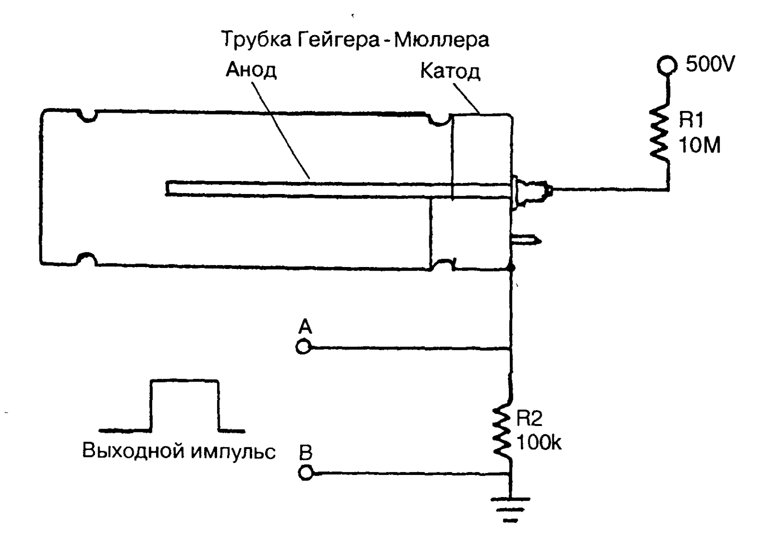


Nuts and Volts

Рис. 40.2

Схема счетчика Гейгера состоит из генератора на микросхеме IC2, однотактного преобразователя высокого напряжения для питания трубки Гейгера-Мюллера, логической схемы IC1 (6 инверторов) и генератора звукового сигнала IC3. Микросхема IC2 – это таймер типа 555, включенный как генератор. Сигнал от IC2 поступает на три логических элемента микросхемы 4049 (IC1). Они инвертируют сигнал, чтобы достичь оптимальной ширины импульса, который включает и выключает МОП транзистор Q1, нагруженный на повышающий трансформатор T1. Напряжение с повышающей обмотки трансформатора удваивается до 600–700 В. Три стабилитрона (D3, D4 и D5), расположенные на выходе удвоителя напряжения, стабилизируют напряжение на уровне 500 В. Оно подается на анод трубки счетчика Гейгера-Мюллера через резистор сопротивлением 10 МОм. При обнаружении радиоактивной частицы трубкой Гейгера-Мюллера импульс напряжения с резистора сопротивлением 100 кОм усиливается, и его уровень ограничивается величиной V_{CC} с помощью составного транзистора Q2. Сигнал с транзистора Q2 инвертируется микросхемой IC1 и далее запускает микросхему IC3 – еще один таймер 555, но в режиме одновибратора. Выходной сигнал микросхемы IC3 (вывод 3) включает светодиод и инициирует щелчок в громкоговорителе либо в наушниках. Схема питается от щелочной батарейки напряжением 9 В и в состоянии ожидания (когда радиоактивные частицы не обнаружены) потребляет ток 28 мА.

ТРУБКА ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА



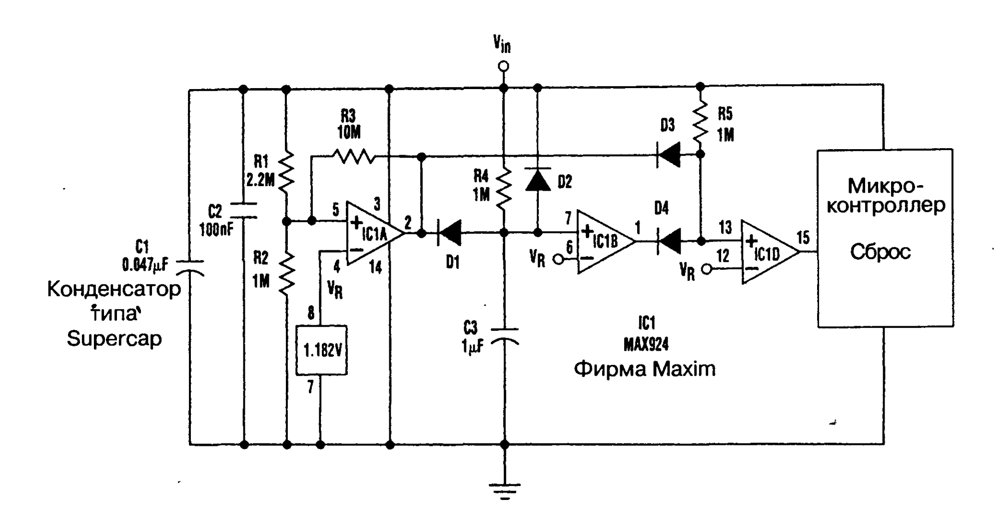
Nuts and Volts **Рис. 40.3**

Трубка Гейгера-Мюллера широко используется для обнаружения радиации. Выполнена она в виде цилиндрического электрода (катода), внутри которого расположен

центральный электрод (анод). Из трубки откачан воздух, и она наполнена смесью неона и галогенов. Через токоограничивающий резистор сопротивлением 10 МОм (R1) на трубку подается потенциал 500 В. Возможность обнаружения радиации основана на способности радиоактивных частиц ионизировать газ в межэлектродном пространстве. Когда трубка находится в режиме ожидания (не происходит обнаружения радиации), ее сопротивление чрезвычайно высоко. Пролетающая радиоактивная частица ионизирует атом газа, при этом свободный электрон и ионизированный положительно заряженный ион газа начинают быстро двигаться к двум электродам трубки Гейгера-Мюллера. При движении они сталкиваются с другими атомами газа и ионизируют их, создавая небольшой лавинный эффект. Ионизация понижает сопротивление трубки, возникает резкий всплеск электрического тока, что, в свою очередь, формирует импульс напряжения на резисторе R2.

ГЛАВА 41
ГЕНЕРАТОРЫ

ГЕНЕРАТОР СИГНАЛА «СБРОС» – СХЕМА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

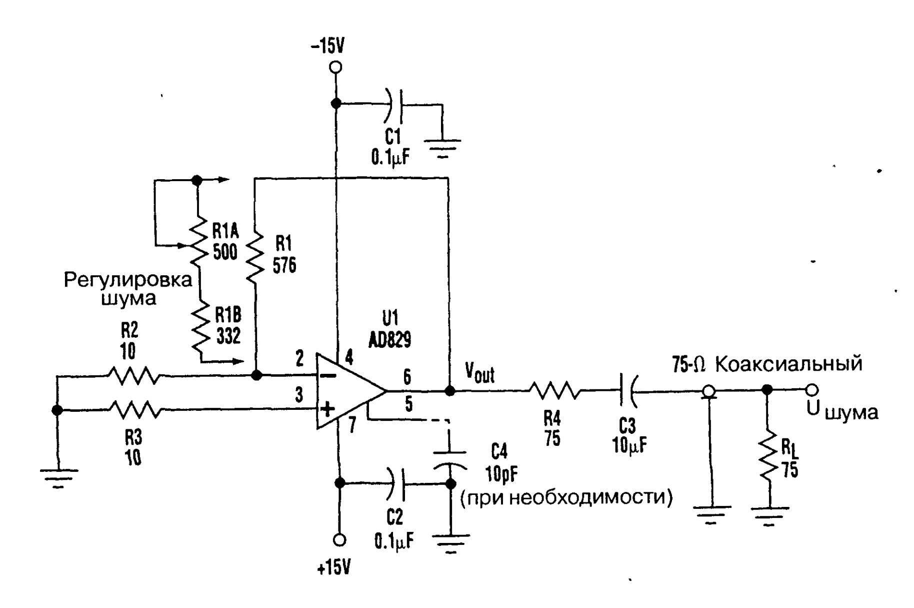


Electronic Design **Рис. 41.1**

Эта схема, контролирующая напряжение V_{CC}, потребляет ток менее 10 мкА даже в режиме генерации сигнала «сброс». Достаточно малый ток покоя в этом режиме позволяет использовать рассматриваемый генератор с микроконтроллерами, которые находятся в основном в режиме ожидания. Источник энергии данной системы – накопительный конденсатор Supercap емкостью 0,047 мкФ (C1) – может работать более 24 ч без перезарядки. Допустимый диапазон напряжений питания для этой схемы составляет 2–11 В. Резисторы R1 и R2 устанавливают нижний порог переключения не ниже 1,2 В (сопротивления резисторов, показанные на рисунке, обеспечивают порог 4,1 В). Эффект гистерезиса, вносимый резистором R3, минимизирует действие помех от источника опорного напряжения и внешних радиопомех. При использовании сопротивлений резисторов 1 МОм (R2) и 10 МОм (R3) можно установить требуемый порог переключения (V_T), регулируя только сопротивление резистора R1 : R1 (МОм) = 0,770 V_T – 0,910. Внешние соединения микросхемы IC1связывают внутренний ИОН с инвертирующими

входами четырех компараторов (A, B, C, D). Компаратор A контролирует напряжение питания. Когда оно падает ниже порога, устанавливаемого резисторами R1 и R2, выходной сигнал компаратора инициирует импульс «сброс» через диод D3, и времязадающий конденсатор C3 разряжается через диод D1. Компаратор B задает длительность импульса с помощью линии задержки, состоящей из цепочки R4 – C3. Так как длительность импульса (~250 мс) значительно больше требуемого минимального значения, то воздействием напряжения питания на ширину импульса можно пренебречь. Диод D2 позволяет схеме реагировать на короткие перебои в работе, обеспечивая тем самым дополнительный контур быстрой разрядки для времязадающего конденсатора. Компаратор C – запасной; он поддерживает инверсный выход или выдает предупреждение при понижении питающего напряжения до опасного уровня. Компаратор D используется в качестве активного логического элемента И для логических сигналов высокого уровня с компараторов A и B. Сопротивление нагрузочного резистора в большинстве таких схем равно 100 кОм или меньше (требуется, чтобы избежать ошибок, возникающих из-за входной утечки компаратора). В нашем случае он может стать причиной чрезмерной разрядки аккумулятора во время генерации сигнала «сброс».

ПРОСТОЙ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ГЕНЕРАТОР ШУМА



Electronic Design **Рис. 41.2**

Данный генератор шума на микросхеме ОУ усиливает шум входного широкополосного каскада. Если для схемы выбран усилитель с единичным коэффициентом усиления, то выходной шум будет спектрально ровным в полосе частот

соответствующего контура с замкнутой петлей обратной связи. Операционный усилитель производит фирма Analog Devices Inc.

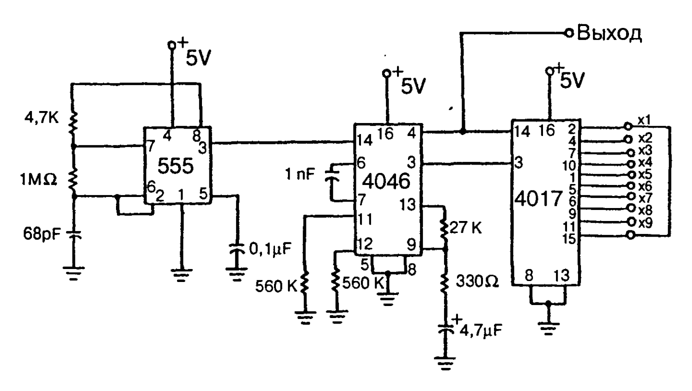
ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

Popular Electronics **Рис. 41.3**

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

Трехчастотный звуковой генератор выполнен как прибор, подающий сигнал о тревоге. Область его применения широка: например, схема может быть использована как сигнализация при соответствующем исполнении переключателя S1. Когда S1 нажат, схема включена. Частота тона зависит от резистора R1 и конденсаторов C1 – C3. Переключатель S2 позволяет выбрать один из этих конденсаторов. При включении C1 частота тона будет наиболее высокой (поэтому его емкость самая маленькая), а при включении C3 – низкой.

ПРОСТОЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТЫ



Nuts and Volts **Рис. 41.4**

В данной схеме таймер 555 включен как автоколебательный мультивибратор, подающий сигнал на микросхему фазовой автоподстройки частоты типа 4046. Сигнал с этой ИС поступает на счетчик-делитель на N, который получает сигнал 10 кГц, обработанный микросхемой 4046, и формирует сигналы кратных частот к сигналу основной частоты (10 кГц). Поэтому, используя схему, можно генерировать такие высокие частоты, как 100 кГц. При подключении данной схемы следует соблюдать меры предосторожности, необходимые при работе с микросхемами КМОП.

ЦИФРОВОЙ ГЕНЕРАТОР ПАЧКИ ИМПУЛЬСОВ

На рис. 41.5а показан сигнал, посылаемый генератором, и незатухающие синусоидальные колебания, из которых он выделен. Так как буферный усилитель HA4600 имеет стробирующий вход (Вкл./Выкл.), он пропускает или подавляет входной сигнал в зависимости от состояния разрешающего вывода. Кроме того, входной сигнал поступает на вход матрицы транзисторов HFA3046, которая включена как компаратор с высоким быстродействием и высоким коэффициентом усиления. Сигнал с компаратора формируется в прямоугольный и подается на вход счетчиков X и Y. Счетчик X управляет разрешающим входом буферного усилителя и определяет, сколько периодов колебаний входного сигнала пройдет к выходу. Четыре переключателя S_{X0} – S_{X3} двоично-кодированные. Следовательно, если два из них замкнуты (S_{X0} – это один период, S_{X1} – два периода), то три периода входного сигнала синусоидальной формы будут пропущены к выходу. Далее входной сигнал поступает на счетчик Y, который задает частоту повторения, определяя период паузы между пакетами импульсов. Четыре переключателя S_{Y0} – S_{Y3} также двоично-кодированные. При замыкании всех переключателей длительность

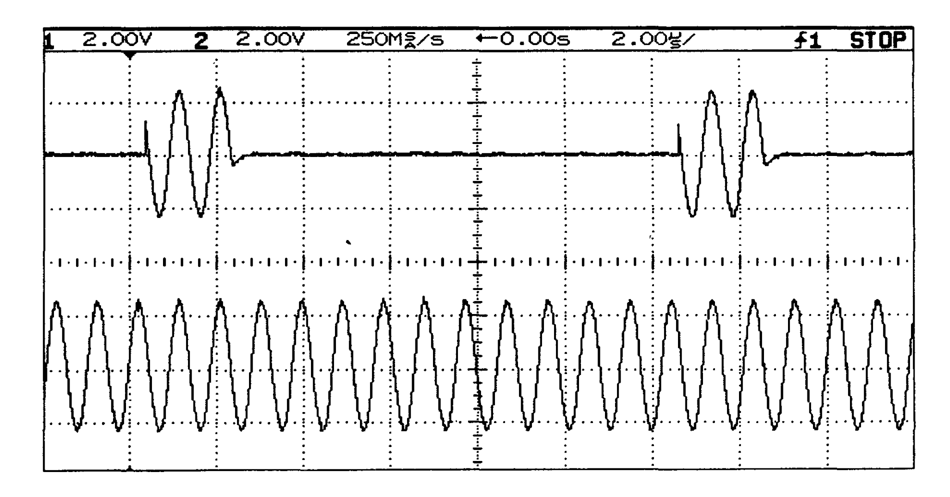
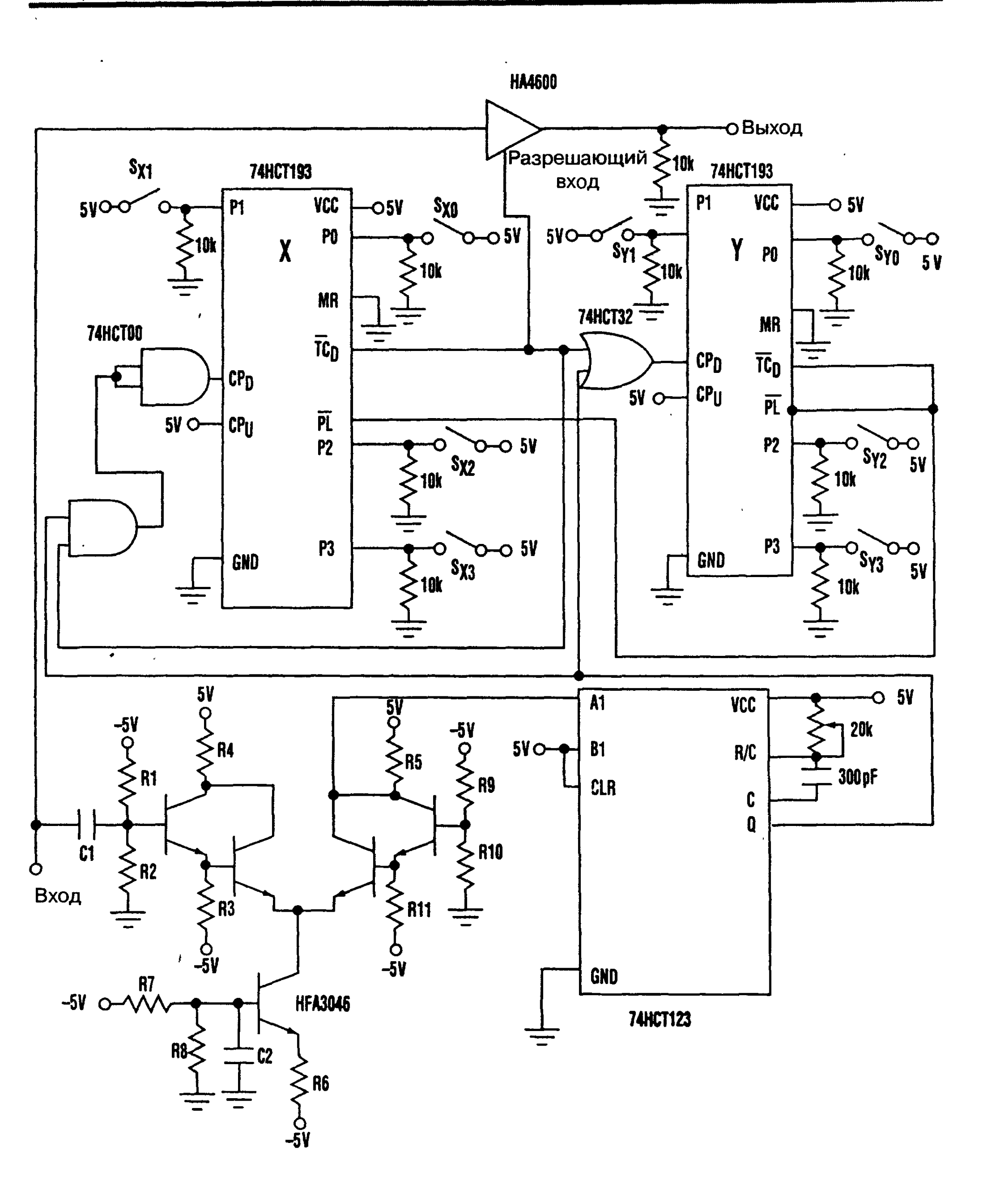


Рис. 41.5 (а)

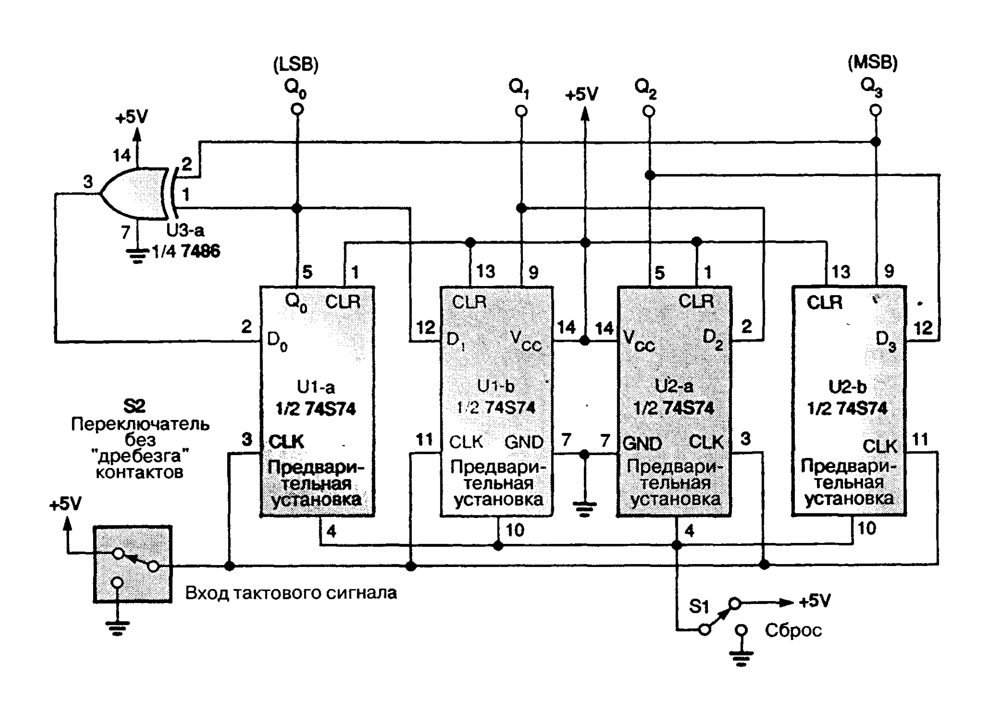


Electronic Design **Рис. 41.5 (б)**

паузы будет в 16 раз больше, чем длительность пакета входных колебаний. Частота повторения, установленная счетчиками X и Y, как описывалось ранее, равна длительности пакета входных колебаний, умноженной на величину, обратную

величине (16 + 3). Если требуется большая частота повторения, то к выходу счетчика Y может быть последовательно добавлен триггер или какой-либо другой счетчик с целью увеличения длительности паузы. Резисторы R6, R7 и R8 задают ток смещения транзистора (генератор тока дифференциального каскада) равным 10 мА, что является оптимальным для быстродействия схемы. Номиналы резисторов R5 и R6 достаточно малы, чтобы обеспечить быструю разрядку; тем самым предотвращается насыщение. Схема дифференциального каскада, включенная так, как показано на рис. 41.5б, может с малым ослаблением работать с входными сигналами частотой до 10 МГц. Быстродействие логики и время задержки компаратора ограничивают частотную характеристику. Время задержки компаратора может быть скомпенсировано импульсом, генерируемым дополнительным одновибратором.

ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ



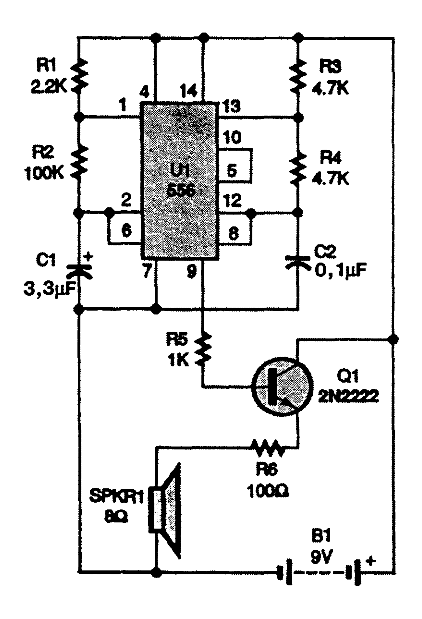
Popular Electronics

Рис. 41.6

Показанные на рисунке триггеры соединены так, что образуют 4-битовый сдвиговый регистр. Данные, представленные в двоичном коде, поступают на вход D0 элемента U1-a и с каждым тактовым импульсом последовательно передвигаются

по выходам Q0, Q1, Q2, Q3. Входные данные поступают на регистр сдвига с выхода U3-а логического элемента ИЛИ типа 7486, который сравнивает два выходных бита со сдвигового регистра. Если эти два бита одинаковы, то выходной сигнал U3-а равен 0 В; если различаются, то +5 В. Поэтому U3-а действует как логическая схема с обратной связью, изменяющая данные на D0, который, в свою очередь, изменяет выходной сигнал триггеров. В результате действия этой логической схемы на выходах микросхем U1 и U2 создается псевдослучайная последовательность битов.

СХЕМА ГЕНЕРАТОРА ТОНОВЫХ ПОСЫЛОК



Popular Electronics **Рис. 41.7**

Основная часть генератора выполнена в интегральном виде на микросхеме 556, а также на основе дискретных компонентов. Схема формирует сигнал частотой 500 Гц при частоте следования посылки 1 Гц через громкоговоритель SPKR1 сопротивлением 8 Ом. SPKR1 – это единственный крупногабаритный компонент в схеме, кроме аккумулятора 9 В и его соединительного зажима.

ПРОСТОЙ ГЕНЕРАТОР СТАБИЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

На рисунке показана принципиальная схема простого генератора стабильной частоты, в котором используется счетчик-делитель на N на микросхеме 74HC161. Хотя

Everyday Practical Electronics

Рис. 41.8 (а)



Цоколевка двоичного счетчика 74HC161

Рис. 41.8 (б)

IC1a и IC1b – это логические элементы ИЛИ-НЕ, в данной схеме они применяются как инверторы в кварцевом тактовом генераторе. Таким образом обеспечивается точный выходной сигнал частотой 2 МГц, который подается на вход схемы деления на N, образованной из элементов IC2 и IC1c. На участке между выходом компаратора и отрицательным активным разрешающим входом установки в исходное состояние (предустановки) требуется инверсия, которая осуществляется элементом IC1c. К сожалению, установка коэффициента деления более сложная, чем просто запись требуемой величины N на входы данных (информационные входы D0 – D3). В табл. 41.1 показаны коэффициенты деления и выходные частоты для 16 входных кодов микросхемы IC2. Если информационные входы микросхемы IC2 управляются при помощи инверторов, то коэффициент деления будет на 1 больше, чем величина, введенная через порт. В случае если инверсию нельзя реализовать аппаратными средствами, это делается с помощью программных средств. Необходимо всего лишь вычесть требуемый коэффициент деления из 16 (например, для коэффициента деления 4 на IC2 поступит величина 12). Заметим, что минимальный коэффициент деления равен 2 и ввод величины 15 на IC2 не дает деления на 1.

Таблица 41.8. Коэффициенты деления и выходные частоты

D0	D1	D2	D3	Коэффициент деления	Частота, кГц
Н	Н	Н	Н	16	125
В	Н	Н	Н	15	133-333
Н	В	Н	Н	14	142-857
В	В	Н	Н	13	153-846
Н	Н	В	Н	12	166-55
В	Н	В	Н	11	181-181
Н	В	В	Н	10	200
В	В	В	Н	9	222-222
Н	Н	Н	В	8	250
В	Н	Н	В	7	285-714
Н	В	Н	В	6	333-333
В	В	Н	В	5	400
Н	Н	В	В	4	500
В	Н	В	В	3	666-666
Н	В	В	В	2	1000 (1 МГц)
В	В	В	В	–	–

Примечание. *В – высокий уровень; Н – низкий уровень.*

СВЕРХБЫСТРЫЙ ГЕНЕРАТОР ОДИНОЧНЫХ ИМПУЛЬСОВ

К неинвертирующему выходу подключена коаксиальная линия задержки выходного сигнала на 2 нс относительно инвертированного входного сигнала (А и В). Инвертирующий выход логического элемента И управляет второй линией задержки на 2 нс, которая задерживает импульс отрицательной полярности относительно импульса положительной полярности (С и D).

С помощью этой схемы (рис. 41.9а) выдается одиночный импульс, которым можно тестировать усилитель выборки и запоминания. При запуске генератора от входного импульса (с элемента ТТЛ) компаратором U1 формируется прямоугольный импульс и поступает на логический элемент И (U2) с противофазными выходами. Надежный запуск, несмотря на нагрузку 50 Ом на ТТЛ входе, обеспечивается гистерезисом, вводимым резисторами R5 – R8. К неинвертирующему выходу компаратора подключена коаксиальная линия задержки выходного сигнала на 2 нс относительно инвертированного входного. Эта линия изменяет состояние выходов логического элемента И за период времени, равный времени задержки. Инвертирующий выход логического элемента И управляет второй линией задержки на 2 нс, которая задерживает импульс отрицательной полярности по отношению к импульсу положительной полярности (см. рис. 41.9б).

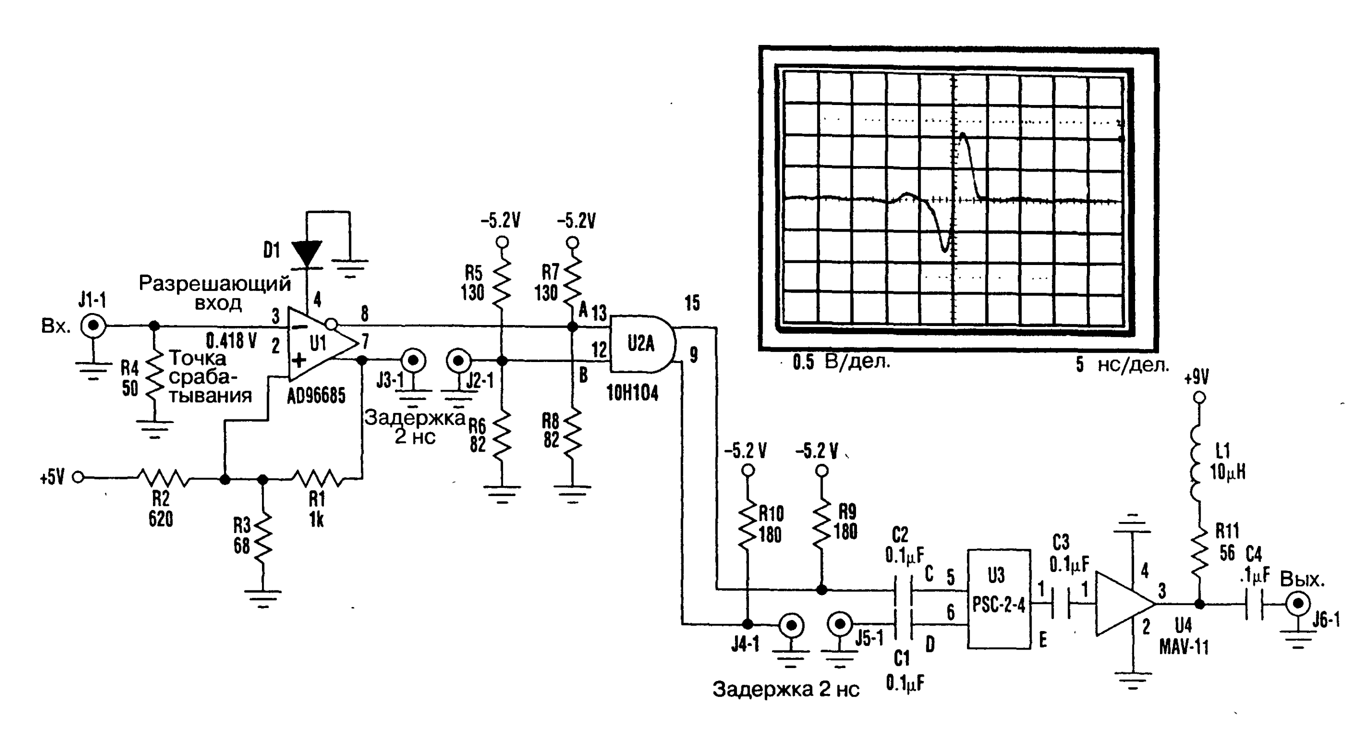


Рис. 41.9 (а)

Electronic Design

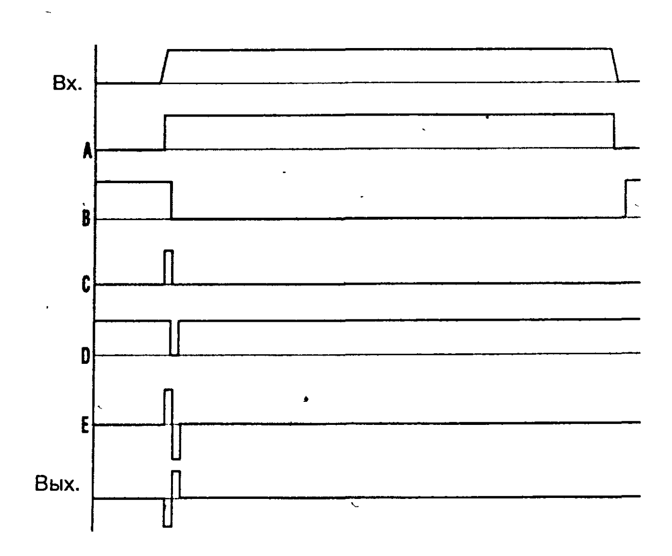


Рис. 41.9 (б)

Блок U3 суммирует сигналы и передает их на выход, U4 усиливает этот сигнал. Добиться более коротких импульсов можно, укоротив линии задержки, а также заменив компаратор U2 и логический элемент И на более быстрые ЭСЛ аналоги.

ГЕНЕРАТОР РАЗВЕРТКИ

IC2 и IC4 – это микросхемы функциональных генераторов типа XR2206 фирмы Exar. Микросхема IC4 функционирует как генератор пилообразных, а IC2 – синусоидальных, треугольных и прямоугольных колебаний. IC1 (сдвоенный операционный усилитель) выдает масштабированный выходной сигнал со смещением уровня, который поступает на горизонтальную развертку осциллографа, чем и обеспечивается надлежащая развертка. Любую частоту канала горизонтальной развертки осциллографа, которую вырабатывает этот функциональный генератор, можно откалибровать по внешнему частотомеру с помощью ручной настройки ГУН. Рабочие характеристики функционального генератора представлены в табл. 41.10а. Диапазон генератора развертки и частота генератора могут быть установлены 6-позиционными переключателями на лицевой панели: переключатель S5 – ДИАПАЗОН (SWEEPRATE) и S2 – ЧАСТОТА (FREQUENCY). Ручная подстройка ГУН осуществляется при помощи потенциометра R30. В табл. 41.10б приведены диапазоны частот функционального генератора. Диапазоны развертки, отличающиеся от диапазонов 1–4, могут быть установлены при выполнении требований по позициям 5 и 6. Тумблер включения режима подстройки ГУН (S4) на лицевой

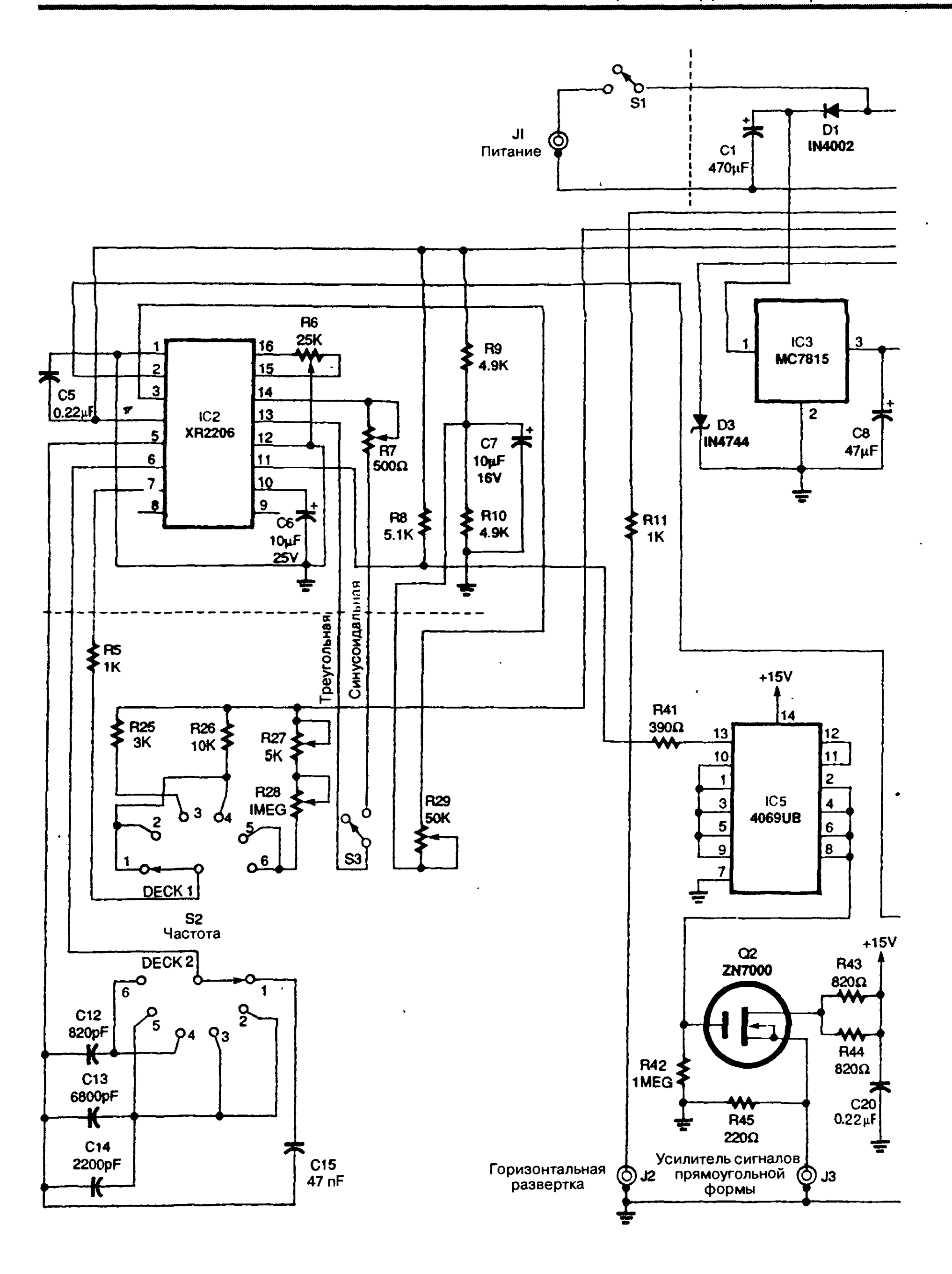


Рис. 41.10 (1 из 2)

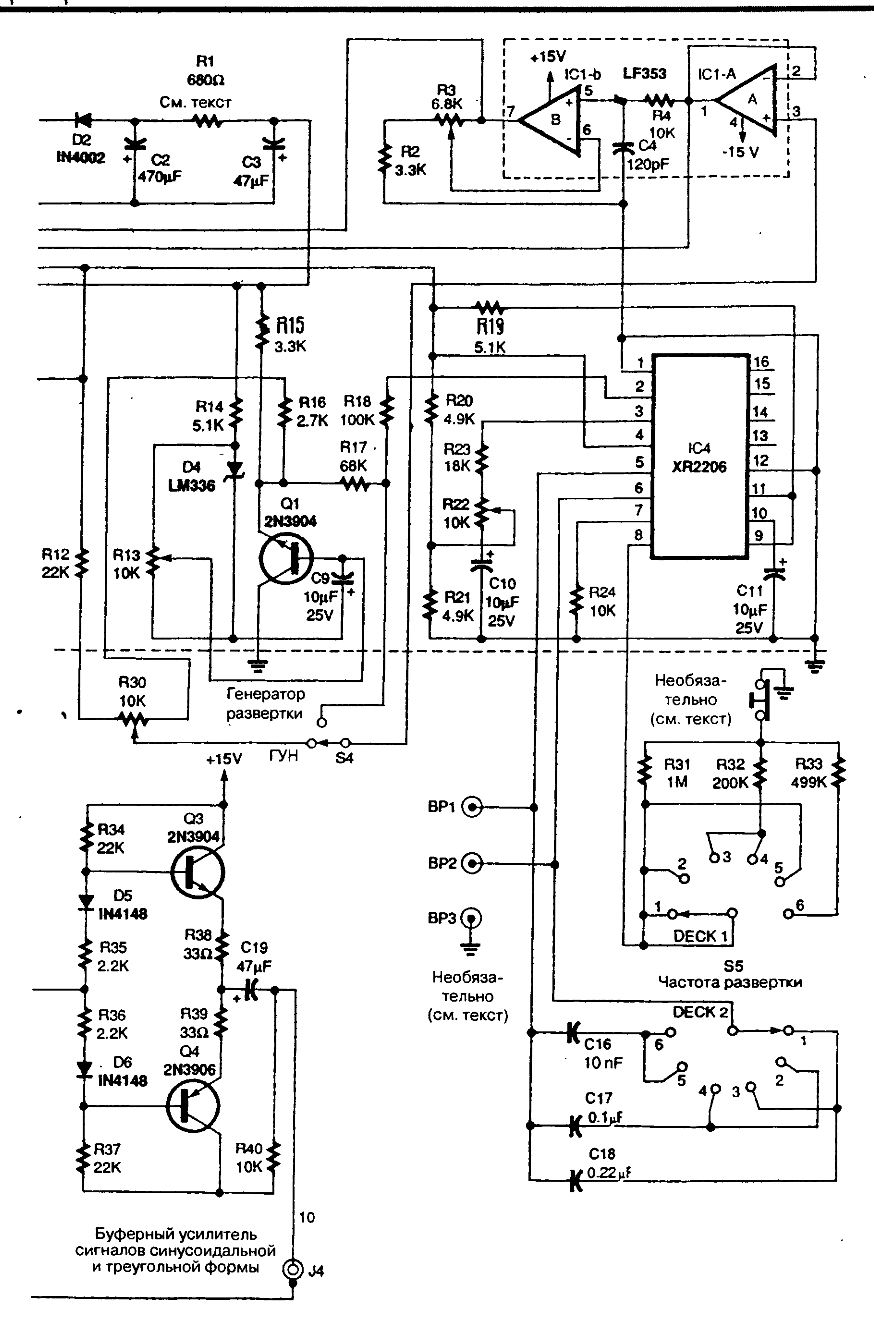


Рис. 41.10 (2 из 2)

панели позволяет настраивать резистором R30 любую фиксированную частоту из диапазона частот прибора, установленную переключателем S2 – ЧАСТОТА (FREQUENCY).

Таблица 41.10а. Характеристики функционального генератора

Форма выходного сигнала	Максимальный размах	Частота	Примечание
Синусоидальная (1)	5 В	10 Гц – 100 кГц	1 В, 800 кГц
Треугольная (1)	8 В	10 Гц – 50 кГц	1 В, >800 кГц
Прямоугольная (2)	5 В		Положительный выход связан по постоянному току, относит. «земли»: фронт/спад > 50 нс
Пилообразная (3)			Убывающий, 6 частот

Примечание.

(1) уровень выходного сигнала изменяется от минимального до максимального;

(2) уровень выходного сигнала не регулируется;

(3) амплитуды X и Y подстраиваются внутри прибора.

Таблица 41.10б. Диапазоны частот развертки функционального генератора

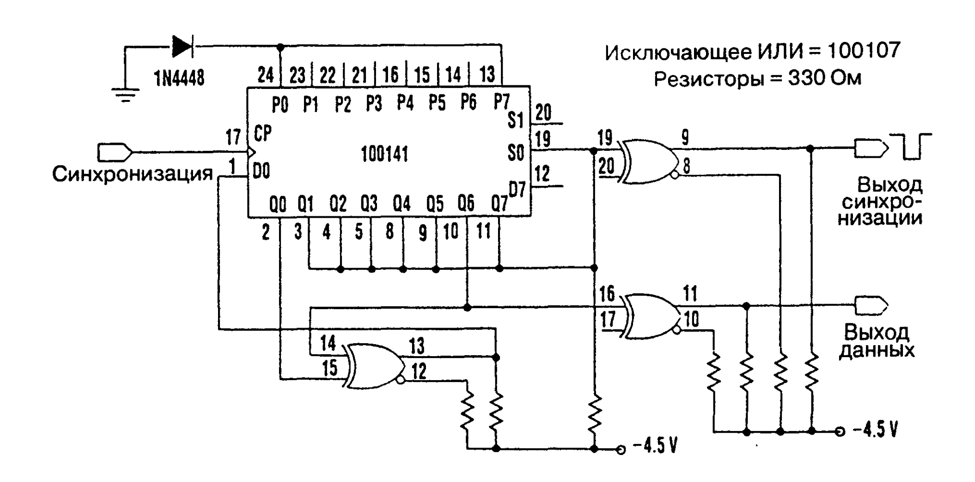
Переключатель	Примечание	Частотный диапазон
1	Предварительно установлен	От 20 Гц до >2 кГц
2	Предварительно установлен	От <400 Гц до >10 кГц
3	Предварительно установлен	От <1 кГц до >25 кГц
4	Предварительно установлен	От 5 кГц до >100 кГц
5*	Настраиваемый сопротивлением Настраиваемый ГУН и сопротивлением	От 2 кГц до 100 кГц От <10 Гц до >100 кГц
6*	Настраиваемый сопротивлением Настраиваемый ГУН и сопротивлением	От <40 кГц до >800 кГц От <100 Гц до >800 кГц

Примечание. *Диапазоны, показанные для пунктов 5 и 6, отображают весь диапазон настройки функционального генератора за исключением диапазона непрерывной развертки.*

САМОЗАПУСКАЮЩИЙСЯ ГЕНЕРАТОР ДАННЫХ

Генераторы псевдослучайных последовательностей, построенные из сдвиговых регистров и логических элементов Исключающее ИЛИ, часто используются для получения тестовых последовательностей в двоичном коде. Если такой генератор сконструирован на основе ЭСЛ компонентов с сопротивлением 100 кОм, он способен работать со скоростью до 200 Мбит/с. Несмотря на то что для генерации последовательности может быть подсоединен N-битовый регистр сдвига, который повторяет каждые 2^{N-1} бита, генерации выходного сигнала не произойдет, если

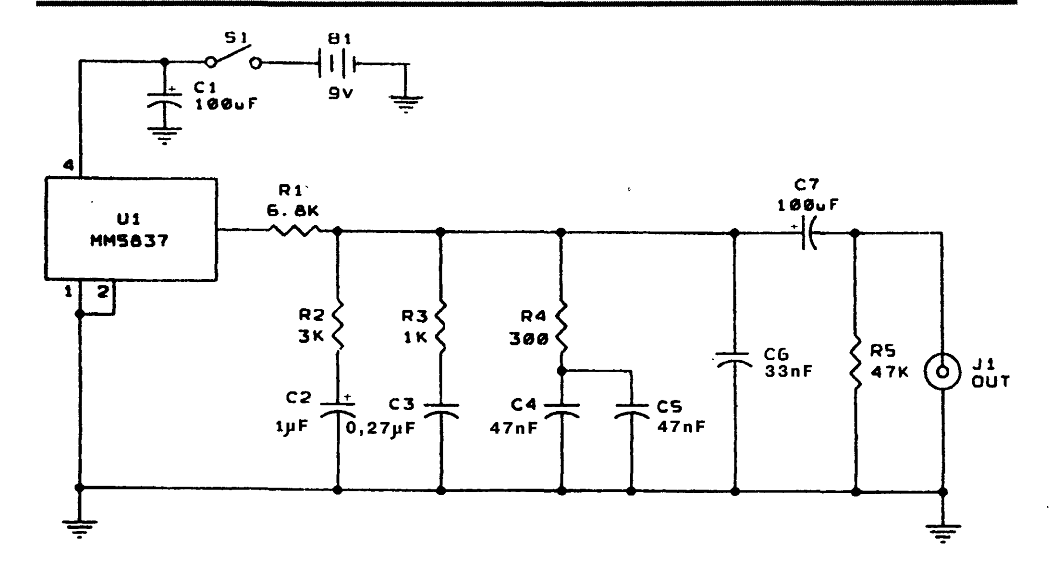
генератору нужно будет стартовать из состояния «все нули». Поэтому необходим счетчик, который вводил бы 1 или производил бы предварительную загрузку сдвигового регистра всякий раз, когда обнаруживается последовательность нулей. Схема, показанная на рис. 41.11, генерирует 127-битовую последовательность и посылает импульс синхронизации один раз в течение повторяющегося цикла, и поэтому запуск гарантируется. К тому же это не требует дополнительных элементов. В данной схеме применяется свойство логического элемента ЭСЛ «монтажное ИЛИ» генерировать отрицательный импульс синхронизации с периодом 1 бит при получении шести нулей (только пять из них составляют последовательность; другой набор из N–1 бит может потребоваться, если будет использован более длинный сдвиговый регистр). Импульс синхронизации загружается в сдвиговый регистр параллельно со следующим состоянием последовательности. Таким образом, для запуска генератора не требуется детектор семи нулей.



Electronic Design **Рис. 41.11**

ГЕНЕРАТОР РОЗОВОГО ШУМА

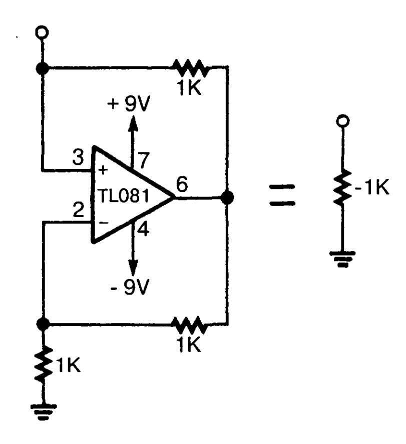
ММ5837 – это цифровой генератор белого шума. Для того чтобы генератор выдавал на выходе этой ИС четкий сигнал белого шума, требуется всего лишь подключить его к источнику питания. Затем сигнал белого шума проходит через фильтр (3 дБ/октаву), и получается розовый шум. Поскольку минимальная крутизна фильтра на однокаскадной RC-цепочке составляет 6 дБ/октаву (из-за емкостного сопротивления), требуется нетрадиционный фильтр. Этот фильтр состоит из нескольких каскадов RC-цепочек с разными фазочастотными характеристиками. На рис. 41.12 показана схема такого устройства. Неравномерность выходного сигнала данной схемы составляет ±0,5 дБ.



Nuts and Volts **Рис. 41.12**

ГЛАВА 42 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ



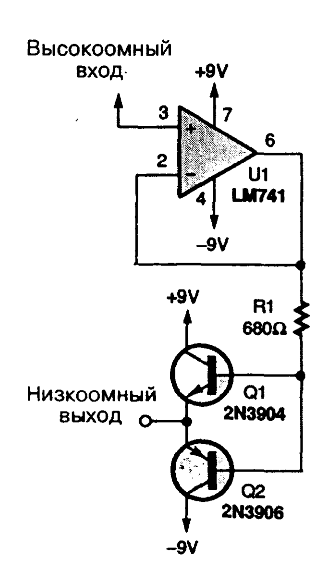
Electronics No **Рис. 42.1**

Известно, что резистор является потребителем тока, зависимым от напряжения; данная схема – прямая его противоположность. Если к схеме преобразователя отрицательного сопротивления подсоединить аккумулятор, последний будет заряжаться, причем ток зарядки аналогичен току, который потреблял бы резистор с сопротивлением 1000 Ом от данного аккумулятора. Если подключить резистор сопротивлением 1000 Ом параллельно с преобразователем отрицательного сопротивления (ПОС) 1000 Ом, получится нечто похожее на бесконечное сопротивление. Какое бы ни было приложено напряжение (в ограниченных пределах), ПОС начнет подбирать такое же, и весь ток, проходящий через резистор, будет потребляться от ПОС, а не от внешнего источника напряжения.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Эта схема – преобразователь высокого входного сопротивления в низкое выходное с общим источником питания. Операционный усилитель U1 типа LM741

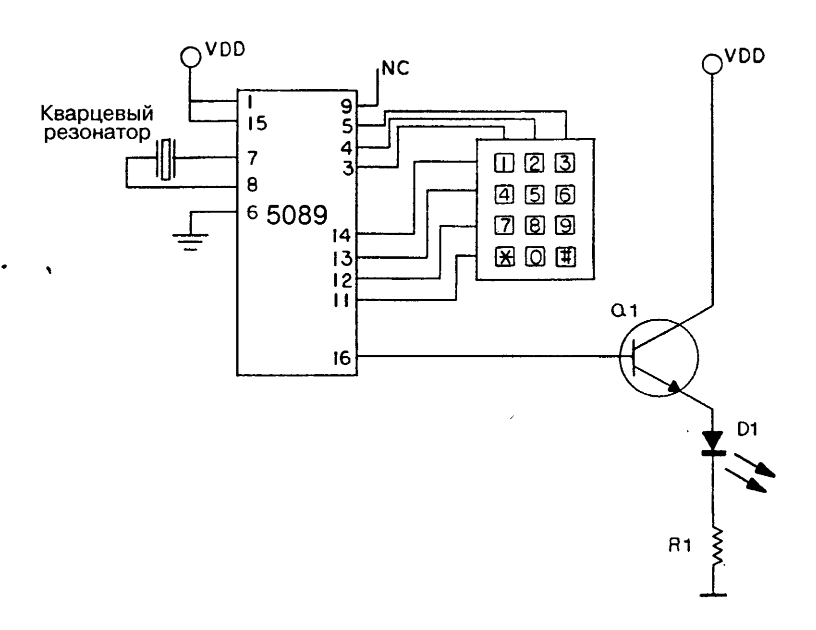
подсоединен к повторителю напряжения на комплементарных транзисторах. К выходу схемы могут быть подсоединены в качестве нагрузки слаботочные лампы, реле, громкоговорители и т.д. В случае, когда нужно включить транзисторы Q1 и Q2 в петлю обратной связи, вывод 2 U1 следует подключить к эмиттерам транзисторов.



Popular Electronics **Рис. 42.2**

ГЛАВА 43
СХЕМЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

DTMF ИНФРАКРАСНЫЙ ПЕРЕДАТЧИК

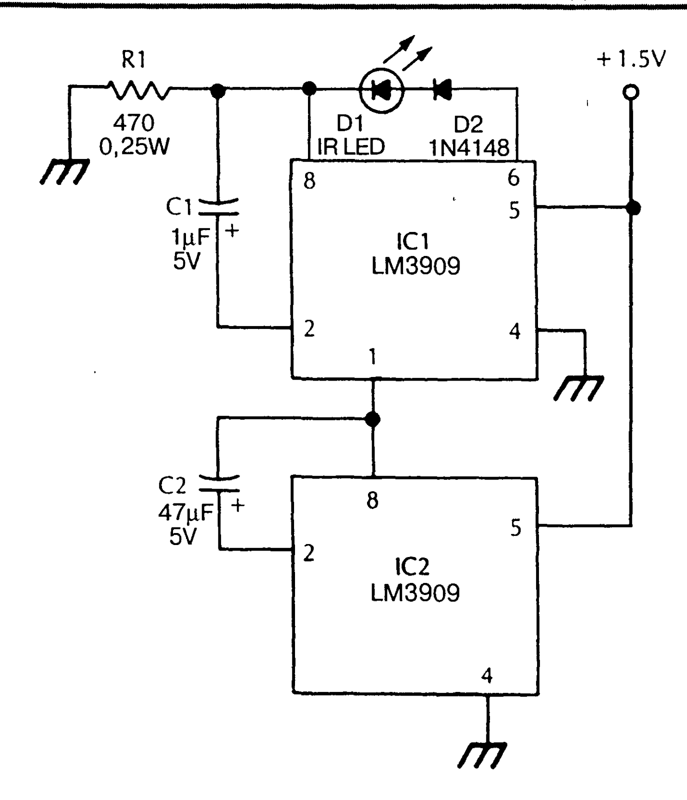


Nuts and Volts **Рис. 43.1**

Для генерации DTMF сигналов и модуляции пучка ИК лучей светодиода D1 в данном передатчике используется микросхема 5089 с клавиатурой. Стабилизация частоты осуществляется ТВ кварцевым резонатором с частотой 3,579 МГц.

ИНФРАКРАСНЫЙ ПЕРЕДАТЧИК ГЕНЕРАТОРА ТРЕЛЕЙ

Схема построена на микросхемах управляемого генератора типа LM3909 (IC1 и IC2). Микросхема IC2 генерирует низкочастотные колебания прямоугольной

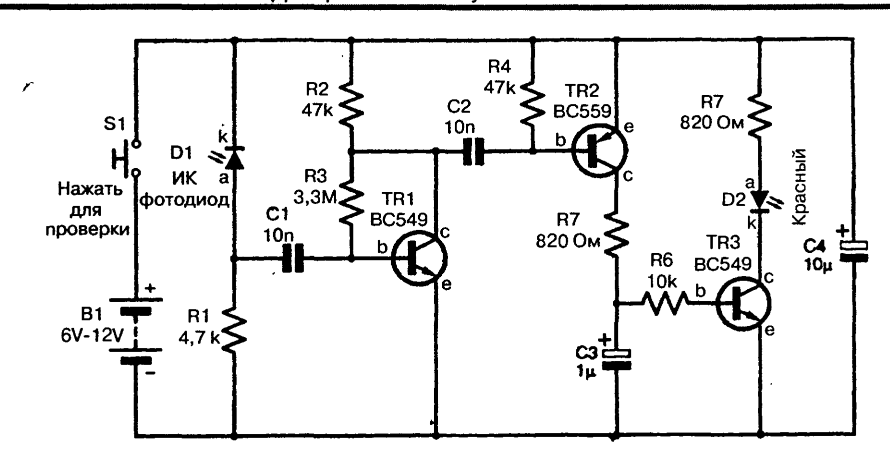


Tab Books **Рис. 43.2**

формы, которые модулируют частоту микросхемы IC1. Такие схемы применяются для ИК источников сигналов канала связи, тестирования и т.п.

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИК СИГНАЛОВ

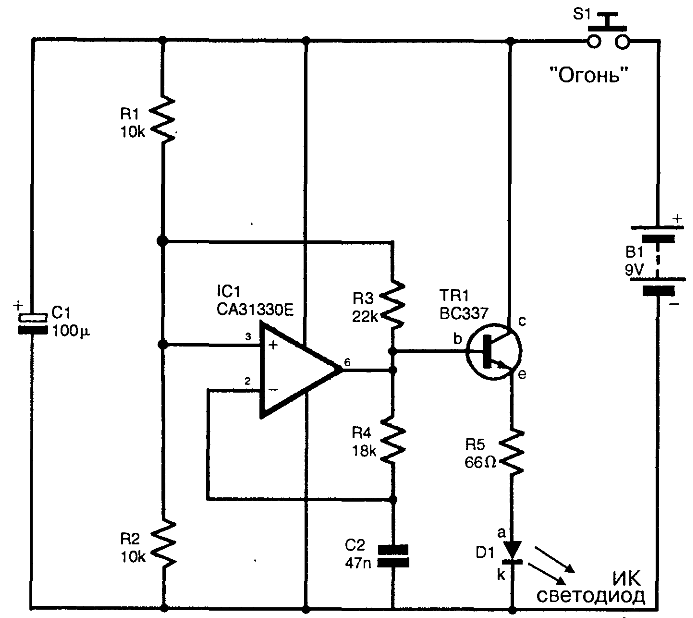
Этот очень удобный и полезный ручной тестер ИК сигналов используется для устранения неисправностей в пультах дистанционного управления. Инфракрасный свет, генерируемый пультом, попадает на фотодиод D1, который формирует импульсный сигнал на R1. Через конденсатор C1 сигнал поступает на базу транзистора TR1; C2 разделяет каскад усиления и схему расширения импульсов. Схема построена на транзисторе TR2, конденсаторе C3 и связанных с ними компонентах. Следовательно, выходной каскад на транзисторе TR3 включает светодиод D2 всякий раз, когда диод D1 воспринимает инфракрасный свет. Функционирующий пульт дистанционного управления с новыми батарейками работает с тестером с расстояния приблизительно 500 мм, в то время как ПДУ с почти разряженными батарейками может работать с расстояния всего лишь в несколько сантиметров. Кроме того, тестер такой конструкции способен проводить самотестирование своих батареек, подавая



Everyday Practical Electronics **Рис. 43.3**

начальную вспышку D2 при первом замыкании переключателя S1. При выборе типа ИК светодиода необходимо знать, что длина его волны должна быть примерно 940 нм, а тип транзисторов не имеет значения. Эта схема может функционировать при напряжении питания 6–12 В (например, от батарейки 12 В), а шунтирующий конденсатор C4 должен иметь соответствующее рабочее напряжение.

ИК ПЕРЕДАТЧИК АВАРИЙНОГО СИГНАЛА

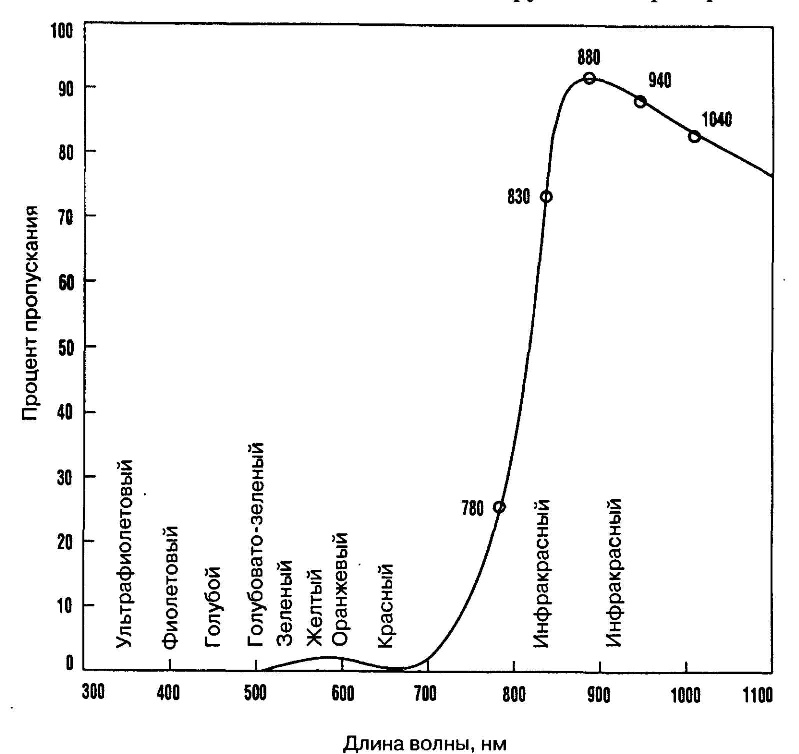


Electronic Design **Рис. 43.4**

На рисунке показана принципиальная схема ИК передатчика. Релаксационный генератор на микросхеме операционного усилителя (IC1) вырабатывает сигнал прямоугольной формы на выходе 6. Времязадающая цепь – конденсатор C2 и резистор R4 – включена между выходом IC1 и ее инвертирующим входом (вывод 2). Выходной сигнал ОУ используется для управления ИК светодиодом D1 через буферный каскад на эмиттерном повторителе (транзистор TR1) и токоограничивающем резисторе R5. Сопротивление резистора R5 определяет величину тока, протекающего через светодиод (приблизительно в 100 мА), но поскольку скважность импульсов тока через светодиод более 50%, то средний ток светодиода составляет чуть меньше 50 мА. Эта величина – максимальное приемлемое значение прямого тока возбуждения для большинства обычных ИК светодиодов.

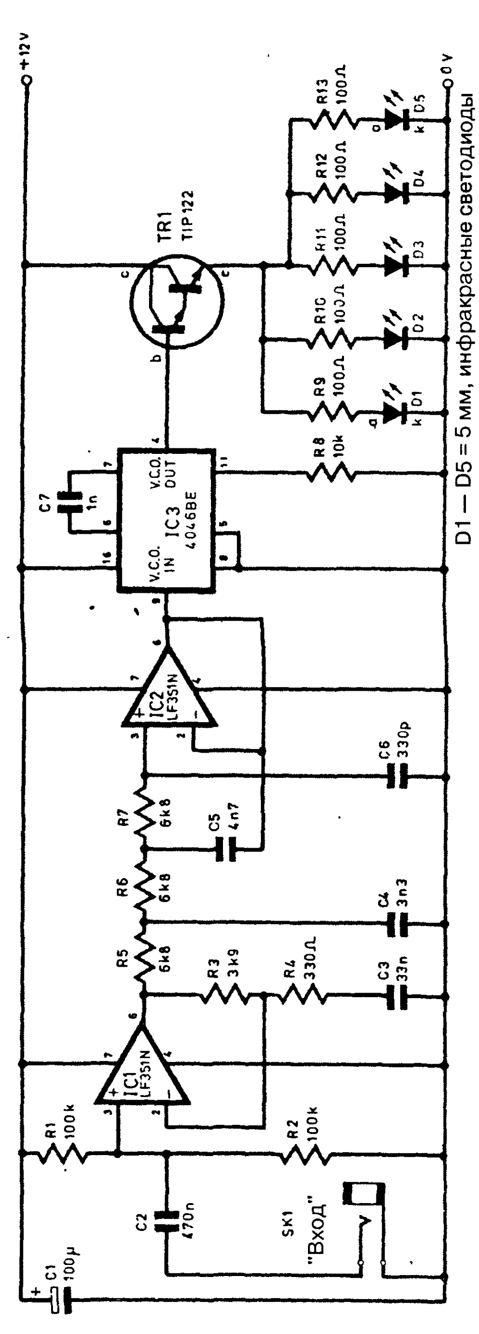
ДЕШЕВЫЙ ИК ФИЛЬТР

При засветке цветной негативной пленки (в опыте использовали Kodacolor 100 ASA) люминесцентной лампой дневного света в течение 5 с и при последующем проявлении были обнаружены оригинальные свойства этого материала. При прохождении света выявлена резкая граница с длиной волны ~880 нм. Поэтому данный фильтр идеально подходит для многих ИК светодиодов и других ИК приборов.



Everyday Practical Electronics **Рис. 43.5**

ИК ПЕРЕДАТЧИК МОНОФОНИЧЕСКОГО БЕСПРОВОДНОГО НАУШНИКА

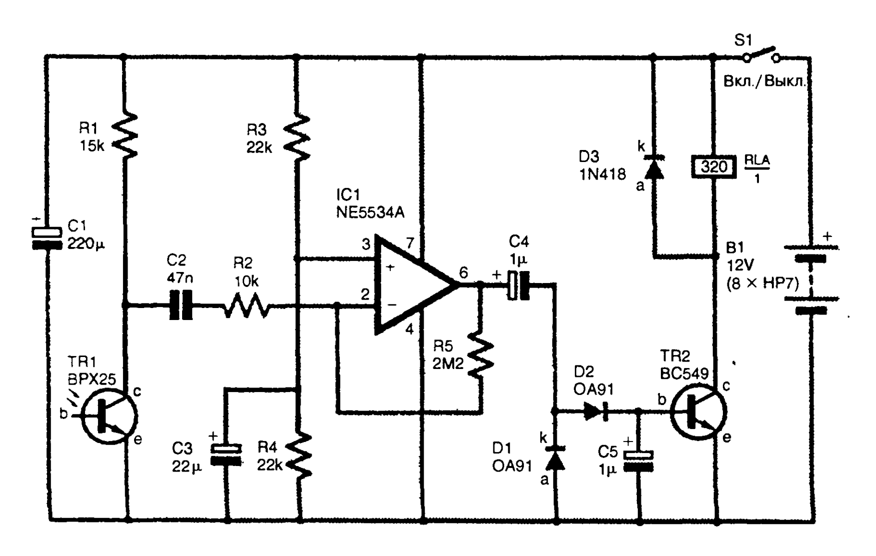


Everyday Practical Electronics **Рис. 43.6**

Коррекция предыскажений входного сигнала осуществляется микросхемой операционного усилителя IC1, используемой в качестве неинвертирующего усилителя переменного сигнала. На низких и средних частотах сопротивление конденсатора C3 превышает сопротивление резистора R3. Поэтому получается фактически стопроцентная обратная связь, и коэффициент усиления микросхемы IC1 с замкнутой петлей обратной связи чуть больше единицы. При высоких частотах сопротивление конденсатора C3 относительно R3 мало, и соотношение в делителе обратной связи получается большим. Как следствие, коэффициент усиления напряжения при замкнутой петле обратной связи монотонно возрастает с увеличением входной частоты. При этом на высоких звуковых частотах обеспечивается усиление почти в 20 дБ. Резистор R4 ограничивает усиление по напряжению микросхемы IC1 при замкнутой петле обратной связи при высоких звуковых частотах. На микросхеме IC2 образован фильтр низких частот – это обычный фильтр третьего порядка (18 дБ/октаву) на ОУ. Он обеспечивает ширину полосы меньшую, чем полная полоса звуковых частот в 20 кГц, почти не ухудшая качество выходного сигнала. Микромощная микросхема IC3 (КМОП ФАПЧ) используется частично – только как ГУН. Остальные узлы микросхемы IC3 не подключены. Выход микросхемы IC2 прямо подсоединен к управляющему входу ГУН (микросхема IC3, вывод 9). Конденсатор C7 и резистор R8 – это времязадающие элементы ГУН, которые устанавливают центральную частоту 100 кГц. Транзистор TR1 – это

мощный эмиттерный повторитель на паре Дарлингтона с высоким коэффициентом усиления. Он является источником прямого тока (500 мА) ИК светодиодов. Используется сборка из пяти светодиодов, и у каждого из них отдельный токоограничивающий резистор (R9 – R13).

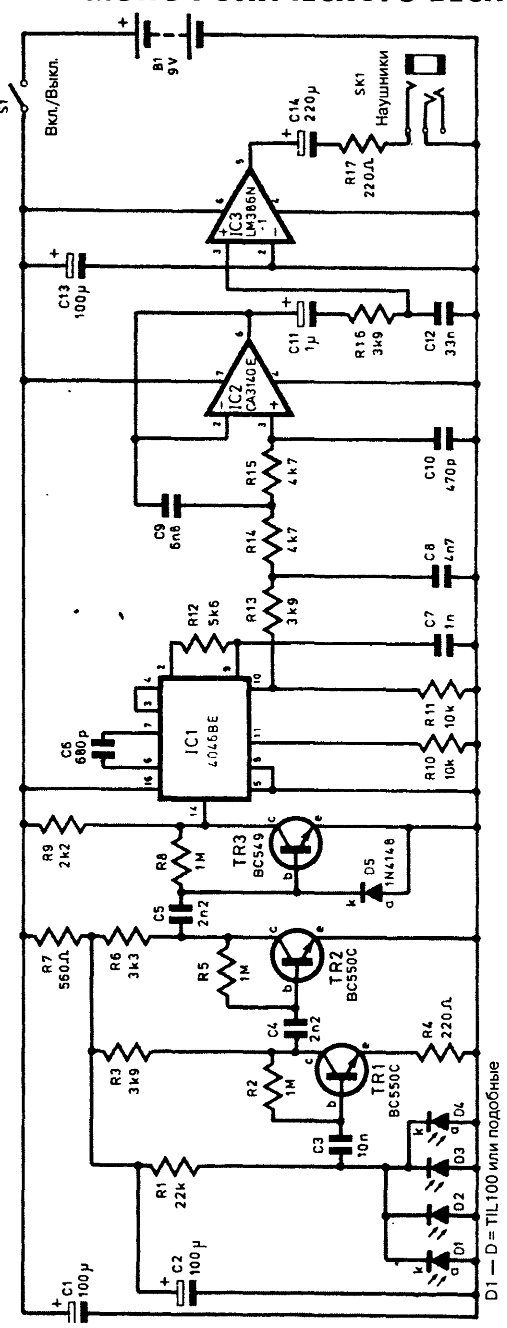
ИК ПРИЕМНИК АВАРИЙНОГО СИГНАЛА



Everyday Practical Electronics ***Рис. 43.7***

На рисунке показана подробная принципиальная схема приемника ИК излучения. TR1 – это фототранзистор, включенный с общим эмиттером, который используется как усилитель. Однако на его базу (вывод b транзистора TR1) не подается ток смещения. Ток коллектора (вывод с) зависит от интенсивности света, принимаемого транзистором TR1. Более высокая интенсивность падающего света означает, что и ток больше. Поэтому ИК излучение с передатчика формирует импульсы тока через TR1. Выходной сигнал с коллектора транзистора TR1 поступает на конденсатор C2 и затем на инвертирующий усилитель с высоким коэффициентом усиления на микросхеме IC1. Резисторы R2 и R5 делителя обратной связи определяют коэффициент усиления по напряжению микросхемы равный 220. Через разделительный конденсатор C4 усиленный выходной сигнал (с вывода 6 микросхемы IC1) поступает на обычный однополупериодный выпрямитель (D1 и D2) и сглаживающий конденсатор (C5). В выпрямителях германиевые диоды используются чаще, чем кремниевые, так как у германиевых диодов меньшее падение прямого напряжения, что несколько повышает чувствительность. Положительный сигнал на C5 задает напряжение смещения на базу транзистора TR2, включенного с общим эмиттером, который в ключевом режиме управляет реле RLA.

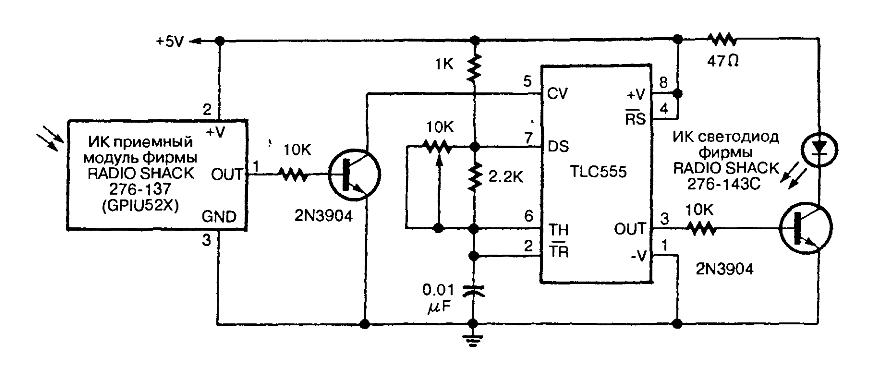
ИК ПРИЕМНИК МОНОФОНИЧЕСКОГО БЕСПРОВОДНОГО НАУШНИКА



Everyday Practical Electronics **Рис. 43.8**

На рисунке показана принципиальная схема приемника. В схеме используются четыре приемных ИК фотодиода (D1 – D4), включенных параллельно в обратно смещенном режиме. При отсутствии света в них протекает крайне малый темновой ток. ИК импульсы от передатчика приводят к увеличению фототока и формируют небольшие отрицательные импульсы на катодах диодов. Транзистор TR1 применяется как малошумящий предусилитель и буферный каскад. Преобладающее усиление по напряжению обеспечивается транзисторами TR2 и TR3, которые включены с общим эмиттером. Суммарный коэффициент усиления по напряжению, обеспечиваемый транзисторами, превышает 80 дБ. Сигнал с TR3 поступает на один из входов фазовых компараторов микросхемы IC1 (вывод 14). Эта КМОП ИС типа 4046BE осуществляет демодуляцию сигнала. Резистор R10 и конденсатор C6 устанавливают центральную частоту ГУН ~100 кГц. Резистор R12 и конденсатор C7 образуют простой фильтр нижних частот между выходом компаратора (вывод 2) и входом ГУН (вывод 9). Выходной звуковой сигнал с фильтра нижних частот через повторитель на микросхеме IC2 поступает на резистор R16 и конденсатор C12. Они образуют простой фильтр нижних частот, обеспечивающий обратную коррекцию. Далее сигнал поступает на вход небольшого аудиоусилителя класса Б (IC3). Приемник потребляет ток ~12 мА.

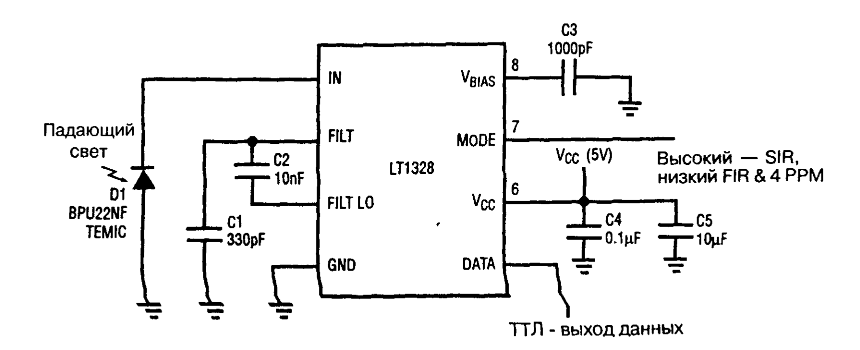
РЕТРАНСЛЯТОР ИК СИГНАЛА



Electronics Now **Рис. 43.9**

Эта схема принимает сигналы дистанционного управления ТВ и ретранслирует их. Генератор на микросхеме типа 555 вырабатывает модулированный сигнал частотой 40 кГц, при этом ИК светодиод может располагаться в другой комнате.

ИК УСТРОЙСТВО ПРИЕМА ДАННЫХ



Linear Technology **Рис. 43.10**

Схема LT1328 работает при предусмотренных интенсивностях света во всем диапазоне стандарта IrDA – от 1 см до 1 м. При скоростях передачи данных стандарта IrDA 115 Кб/с и ниже для нуля используется импульс шириной 1,6 мкс, а для единицы – отсутствие импульса. Интенсивности света составляют от 40 до 500 мВт/ср (милливатт/стерадиан). Следует отметить, что вход передатчика инвертирующий, то есть проходящий свет создает сигнал высокого уровня на входе, который превращается в сигнал нулевого уровня на выходе. При таких скоростях передачи данных требуется высокий уровень на выводе 7 (Mode).

ЛОКАЛЬНЫЙ ИК ПРИЕМНИК КАНАЛА СВЯЗИ (ПЕРЕГОВОРНОГО УСТРОЙСТВА)

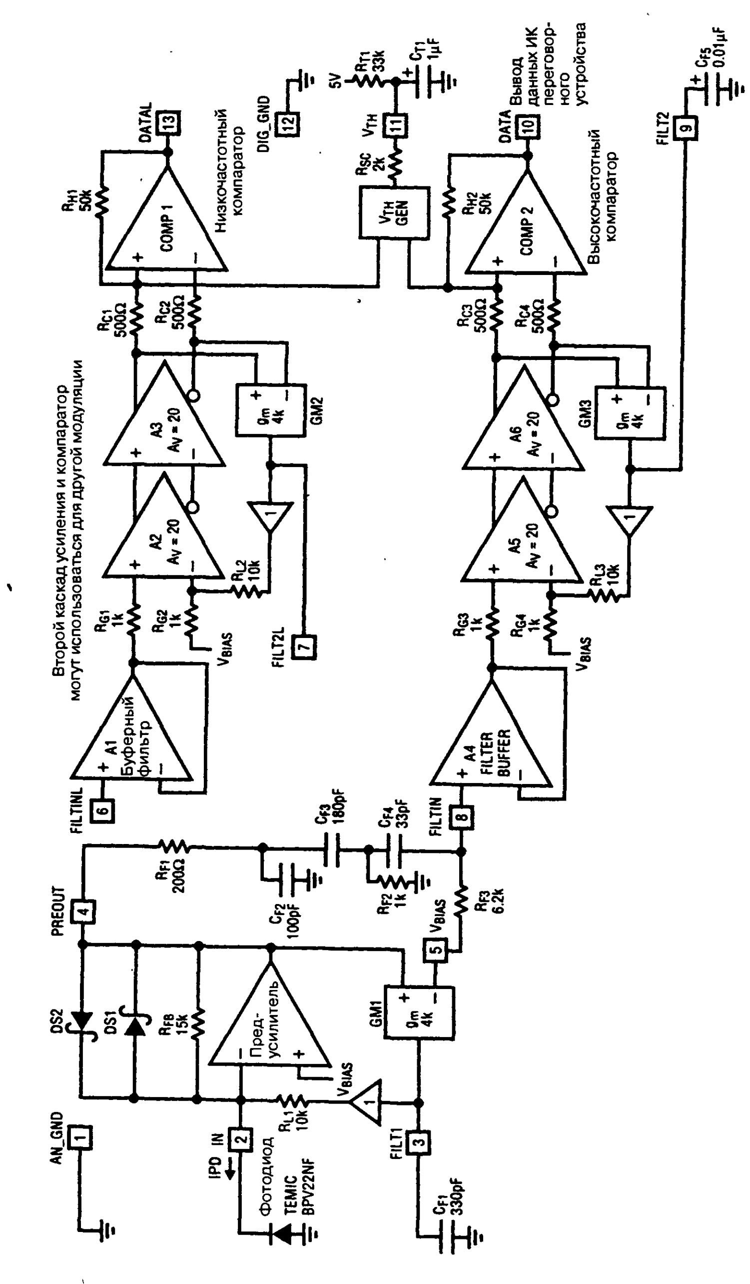


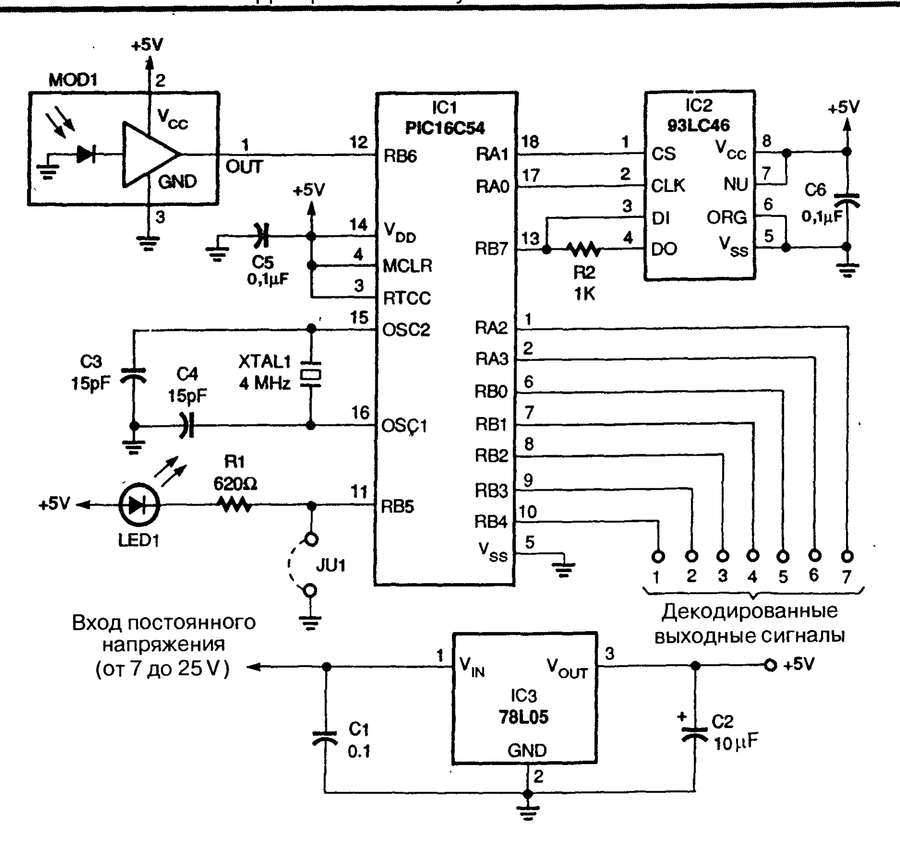
Рис. 43.11

Малошумящий (2 пА/$\sqrt{Hz}$), широкополосный (7 МГц) преобразователь ток–напряжение, состоящий из предусилителя и его вспомогательных компонентов, трансформирует обратный ток с внешнего фотодиода в напряжение. Хотя ширина полосы (7 МГц) предусилителя поддерживает скорость передачи данных 4 Мбит/с, фильтр нижних частот на его выходе применяется для уменьшения ширины полосы пропускания точно до требуемого значения с целью уменьшения шума. Емкость конденсатора C_{F1} устанавливает сопряженную частоту (180 кГц) петлевого фильтра верхних частот у предусилителя. Этот фильтр задерживает нежелательный сигнал от рассеянного света окружающей среды, в том числе солнечный свет и свет от ламп накаливания и люминесцентных ламп. За каскадом предусилителя следуют два отдельных канала, каждый из которых содержит буферный фильтр с высоким сопротивлением, два усилительных каскада, петлевые фильтры верхних частот (ФВЧ) и компаратор.

Единственное различие между этими двумя каналами ИК переговорного устройства – это время отклика компараторов: 25 и 60 нс. Для импульсов в 125 нс используется компаратор 25 нс с активной нагрузкой на выходе. Низкочастотный компаратор с открытым коллекторным выходом (с внутренней нагрузкой в 5 кОм) подходит для более умеренного быстродействия, например для импульсов 1,6 мкс или IrDA-SIR. У каждого усилительного звена есть высокочастотный контур ОС, подобный контуру у предусилителя. Емкость конденсатора C_{F5} задает граничную частоту 140 кГц для ФВЧ ИК переговорного устройства. Здесь эти контуры осуществляют дополнительную функцию поддержания точного значения порога компараторов с помощью принудительной установки уровня каскадов дифференциального усиления на ноль. Так как выходной сигнал предусилителя выведен на лицевую панель и на входах обоих каналов компараторов стоят буферные каскады, разработчик имеет возможность сконструировать фильтр, который ему требуется, путем точного подбора внешних компонентов. R_{F1}, C_{F2}, C_{F3}, R_{F2}, C_{F4}, и R_{F3} образуют полосовой фильтр с центральной частотой 3,5 МГц. Его полоса пропускания составляет 1–12 МГц в пределах 3 дБ. Вместе с петлевым ФВЧ у предусилителя и частотным откликом 7 МГц самого предусилителя этот полосовой фильтр формирует оптимальный частотный отклик фильтра для ИК переговорного устройства.

ИК ПРИЕМНИК ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

На рис. 43.12 показана принципиальная схема ИК приемника дистанционного управления. Основной компонент схемы – КМОП микросхема (IC1) типа PIC16C54, 8-разрядный контроллер фирмы Microchip. Данные и программа микроконтроллера хранятся в микросхеме памяти IC2, серийной ИС электрически стираемого постоянного программируемого запоминающего устройства (ЭСППЗУ) типа 93LC46 емкостью 1 Кб, также фирмы Microchip. В этой схеме микросхема памяти сопряжена с микроконтроллером 3-проводной шиной. Три сигнала таковы: CS (выбор схемы), CLK (тактовый сигнал) и DATA IN/OUT (вход/выход данных). Так как сигналы DATA IN и DATA OUT передаются по одному каналу,

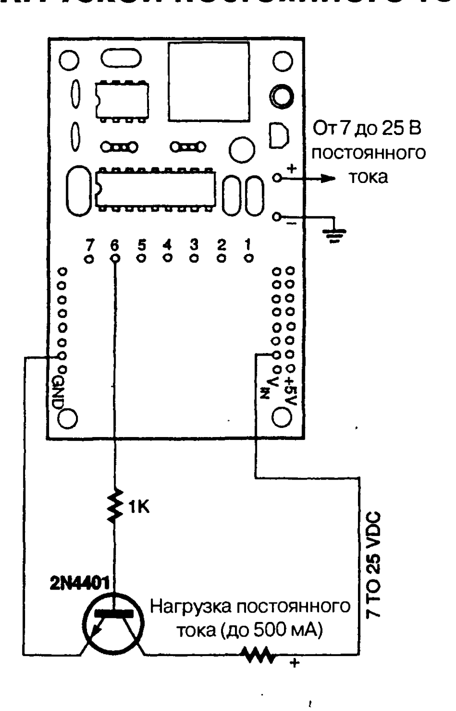


Electronics Now **Рис. 43.12**

резистор R2 ограничивает ток во время переходов между записью и чтением данных, когда логические уровни могут конфликтовать. Связь микроконтроллера с микросхемой памяти осуществляется при генерации на выводе CS высокого логического уровня. Затем данные последовательно пересылаются на микросхему памяти или с микросхемы во время изменения уровня сигнала CLK (от низкого к высокому). Каждому режиму считывания или записи предшествует стартовый бит, происходит идентификация кода операции этой функции (чтение, запись и т.д.), затем следует адрес, занимающий 7 бит; за ним – 8 бит данных, которые записываются в ячейку с этим адресом или считываются оттуда. Непосредственно перед выполнением всех операций записи и после них микроконтроллер посылает команды микросхеме памяти, которая включает или выключает функцию записи, защищая данные, которые были сохранены..В режиме программирования микросхема IC1 считывает ИК поток данных с MOD1, преобразовывает их в наборы данных и сохраняет в микросхеме IC2 для сравнения во время нормальной работы устройства. Источником питания схемы является микросхема IC3 – слаботочный стабилизатор типа 78L05 напряжением 5 В, на вход которого может быть подано входное напряжение постоянного тока в диапазоне 7–25 В. Конденсаторы

C1 и C2 обеспечивают устойчивость стабилизатора. Кварцевый резонатор XTAL1 устанавливает частоту внутреннего генератора IC1 в 4 МГц. Две близко расположенные контактные площадки на печатной плате (JU1), которые могут быть на короткое время замкнуты отверткой или другим металлическим предметом, служат для установки микросхемы IC1 в режим программирования и включения светодиода LED1. Программное обеспечение доступно на сайте Gernsback BBS (516–293–2283, v.32, v.42bis) в виде файла irec.zip; оно потребуется для самостоятельного программирования PIC-контроллера, если имеется соответствующее оборудование для этого.

СХЕМА СОПРЯЖЕНИЯ ИК СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ С НАГРУЗКОЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

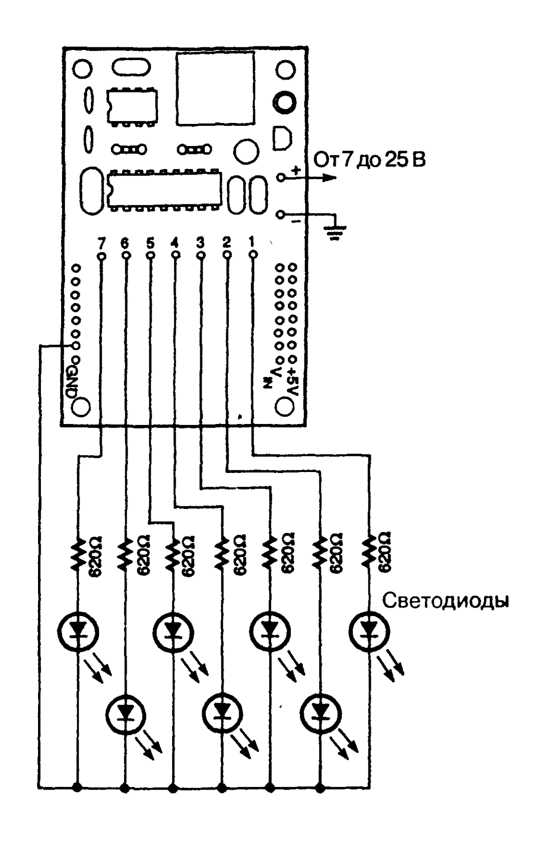


Electronics Now **Рис. 43.13**

Эту схему можно использовать для сопряжения нагрузок постоянного тока до 500 мА с ИК дистанционным пультом.

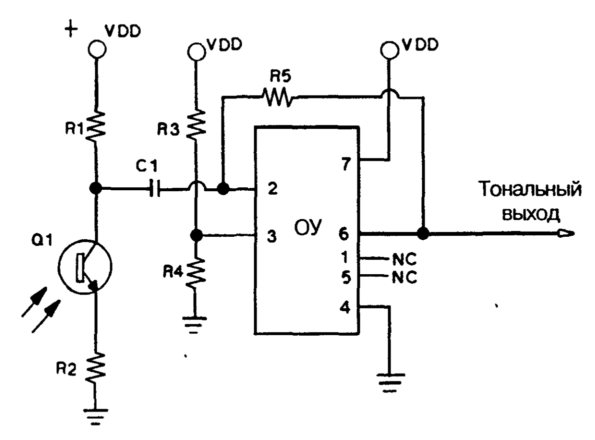
ТЕСТОВОЕ УСТРОЙСТВО ИК ПДУ

Такую схему (рис. 43.14) удобно применять для подтверждения работоспособности дистанционного ИК пульта.



Electronics Now **Рис. 43.14**

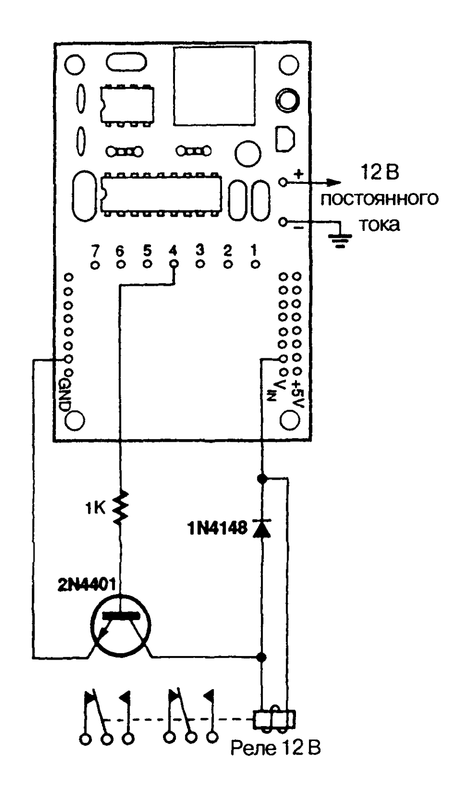
ИК ПРИЕМНИК НА ФОТОТРАНЗИСТОРЕ



Nuts and Volts **Рис. 43.15**

В устройстве, показанном на рис. 43.15, фототранзистор и операционный усилитель используются в качестве приемника ИК сигналов. Применен операционный усилитель типа TL081 или аналогичный, построенный на полевых или КМОП транзисторах. Сопротивление резисторов R1 и R2 зависит от типа фототранзистора, но обычно составляет 2,2 кОм и 330 Ом соответственно, R3 = R4 = 10 кОм, R5 = = 100 кОм. Емкость конденсатора С1 = 0,1 мкФ (или больше).

СХЕМА СОПРЯЖЕНИЯ ИК СДУ С РЕЛЕ

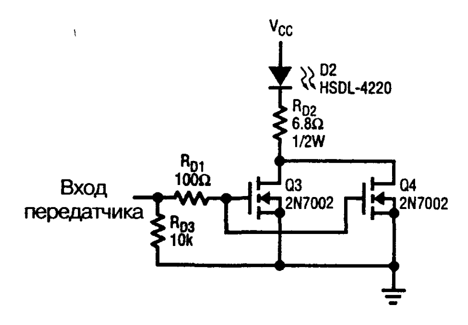


Electronics Now

Рис. 43.16

Схема, представленная на рис. 43.16, может быть применена для подключения реле к ИК пульту. Это позволит управлять большими нагрузками постоянного или переменного тока.

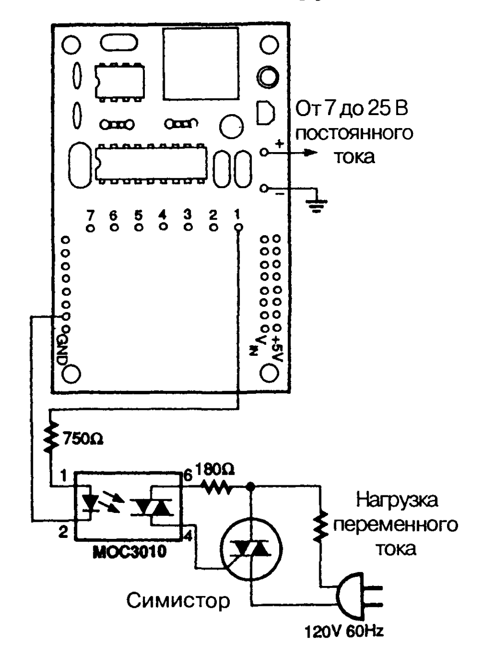
ИК ПЕРЕДАТЧИК ДАННЫХ



Linear Technology **Рис. 43.17**

На рисунке показана схема передатчика IrDA.

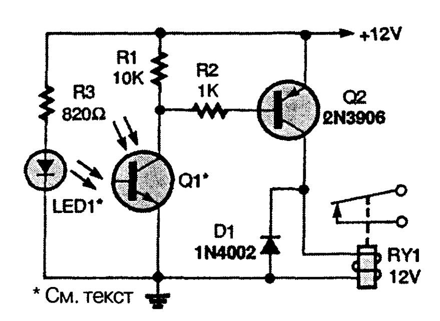
СХЕМА СОПРЯЖЕНИЯ ИК СДУ С СИМИСТОРОМ



Electronics Now **Рис. 43.18**

Такую схему можно использовать при сопряжении симистора и дистанционного ИК пульта для управления нагрузками переменного тока.

ДАТЧИК НА ПРОСВЕТ



Popular Electronics **Рис. 43.19**

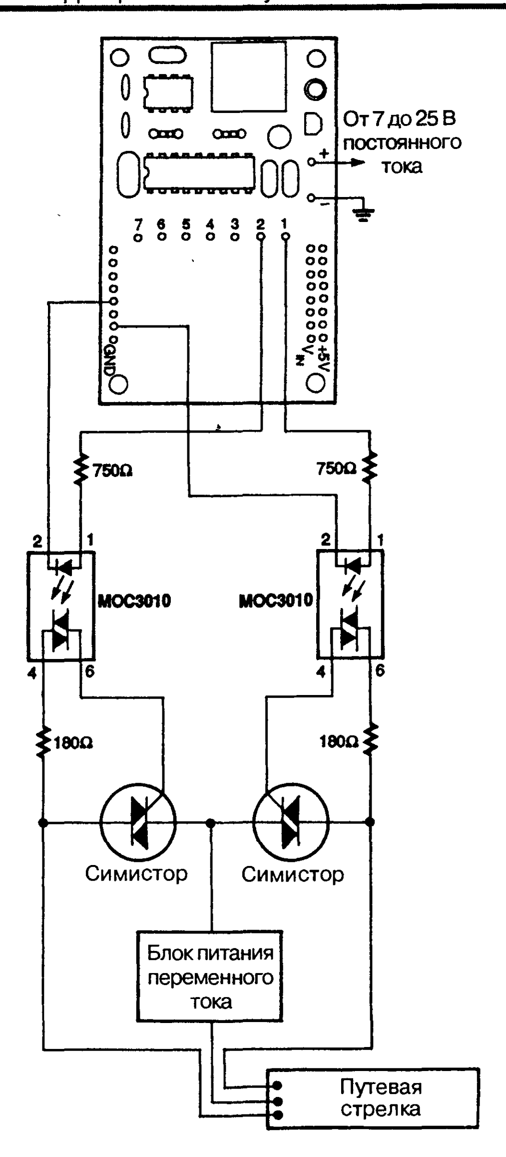
В этой схеме ИК излучающий светодиод (LED1) направленно облучает фототранзистор Q1. Транзистор Q2 поддерживает реле RY1 во включенном состоянии, пока на пути между светодиодом и фототранзистором не появляется никаких препятствий для ИК. Появление любого светонепроницаемого предмета, загораживающего этот промежуток, приводит к обесточиванию реле RY1. Данная схема представляет собой типичный датчик на просвет. Такие устройства используются в детекторах «вещь на месте» (определяющих присутствие предмета в определенном месте) и в счетчиках предметов.

ПРИМЕНЕНИЕ ИК ПДУ В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ.

Схему, представленную на рис. 43.20, можно применять для сопряжения двух симисторов с дистанционным ИК пультом для управления путевыми стрелками в модели железной дороги.

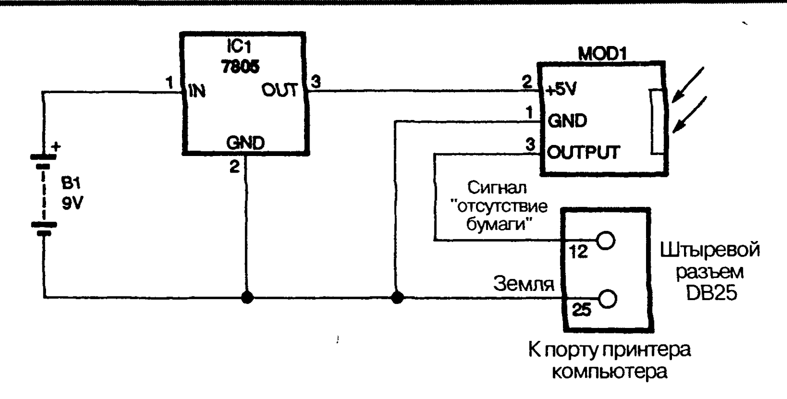
ДИСТАНЦИОННЫЙ ИК ПРИЕМНИК

На рис. 43.21 показана схема ИК приемника. Основной узел системы – это ИК детекторный модуль (MOD1). Он устраняет ИК несущую частоту и пропускает лишь данные, закодированные в принятом ИК сигнале. Подходящий ИК модуль доступен на сайте Radio Shack (№ 276–137). Для ИК модуля требуется стабилизированный источник питания 5 В, который построен на микросхеме стабилизатора IC1 типа 7805. Питающее напряжение 9 В поступает на стабилизатор с аккумулятора B1. Выход модуля подсоединен к унифицированному многовыводному разъему типа DB-25. Модуль инфракрасного детектора принимает сигнал, фильтрует его и устраняет несущую частоту 40 кГц. Выходной сигнал модуля – это сигнал ТТЛ уровня, состоящий из длинных и коротких импульсов. Компьютер (PC) производит запись этих уровней напряжения и сохраняет данные в файле в течение времени, пока посылается сигнал. Канал, обычно используемый



Electronics Now **Рис. 43.20**

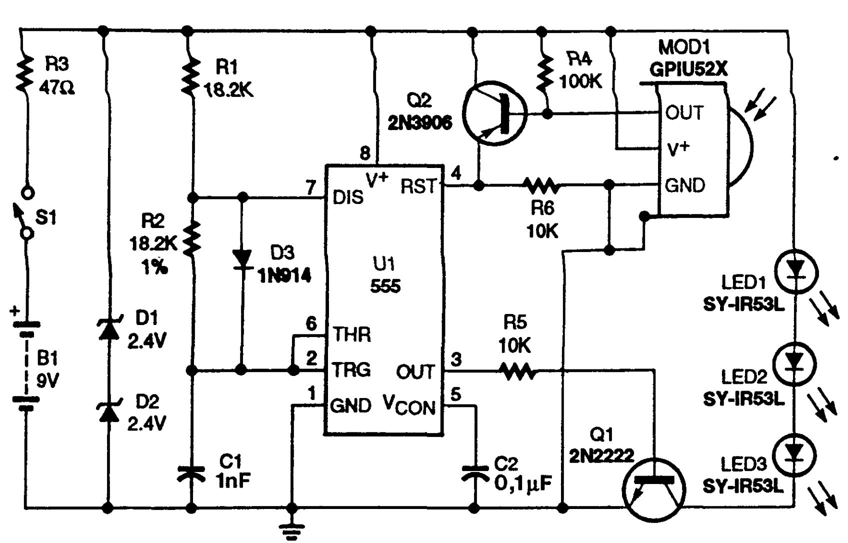
портом принтера PC для индикации наличия в нем бумаги (вывод 12), применяется в данной разработке для приема данных с ИК модуля. Порту ввода /вывода (I/O port) присваивается адрес OX379. Входному выводу 12 соответствует 5 бит. Для того чтобы разрешить компьютеру сохранять информацию со своего порта принтера, требуется различное программное обеспечение. (Это программное обеспечение доступно на сайте Gernsback BBS – 516–293–2283, v.32, v.42bis – содержится в файле ir-test.zip.) Исходный код первой программы (irlog.exe) записан на C.



Electronics Now **Рис. 43.21**

Программа сохраняет в виде массива значения, которые считывает с порта принтера. При высоком логическом уровне на входе в массиве сохраняется символ 1 ASCII, при низком – символ 0.

ИК ТРАНСЛЯТОР



Popular Electronics **Рис. 43.22**

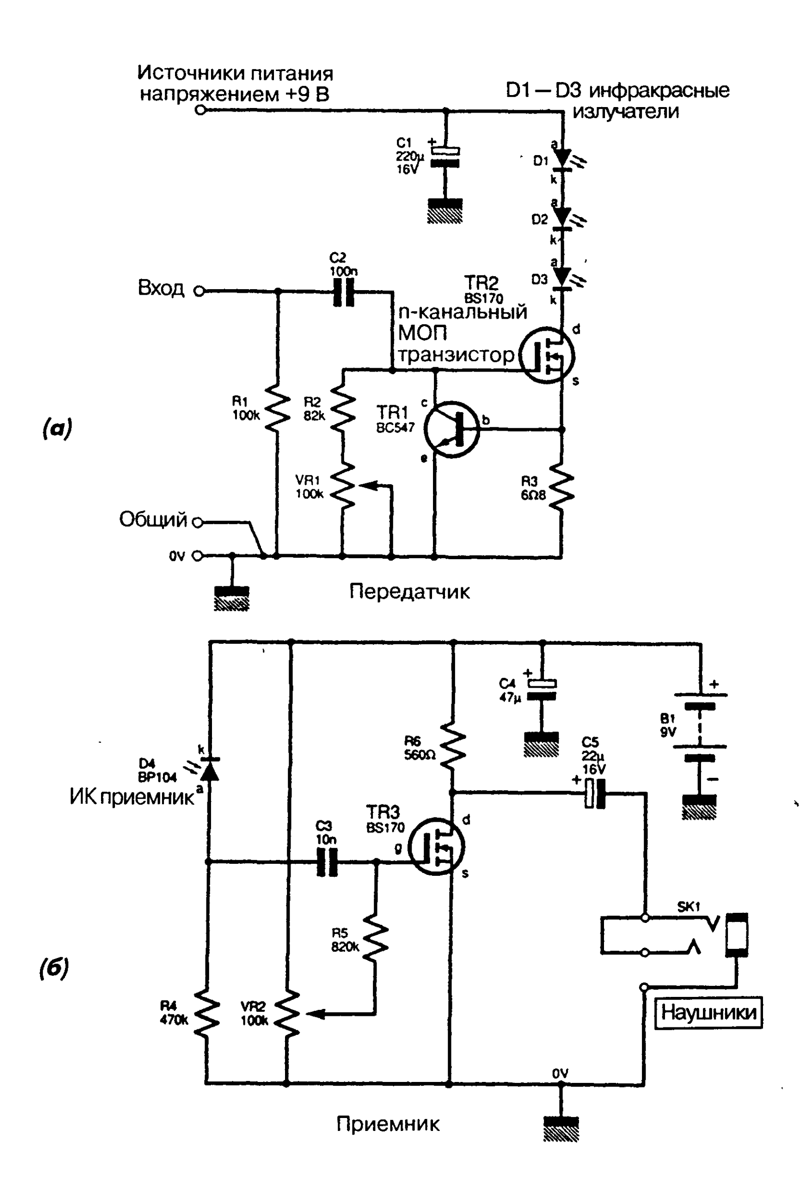
ИК излучение принимается модулем MOD1 на ИК светодиод, который включен в обратном направлении, и ток через него зависит от интенсивности инфракрасных лучей. Затем флуктуации тока обратного смещения усиливаются каскадом с большим усилением, а затем ограничиваются следующим каскадом. Этот ограничитель срезает крайние верхние и нижние частоты усиленного сигнала,

в результате получается квазицифровая последовательность импульсов. Колебания, сформированные таким образом, проходят через полосовой фильтр с центральной частотой 40 кГц. При этом схема эффективно восстанавливает несущую частоту (40 кГц) сигналов дистанционного управления. Затем воспроизведенная несущая интегрируется. Следующий каскад – это инвертирующий триггер Шмитта. Он выдает сигнал с учетом гистерезиса входного каскада. Следовательно, триггер Шмитта реагирует только на большую амплитуду выходного сигнала фильтра и игнорирует небольшие изменения (вызванные несущей частотой 40 кГц, на которые фильтр не может быстро отреагировать). Таким образом, выходной сигнал триггера Шмитта имеет низкий уровень при получении импульса частотой 40 кГц и высокий уровень во время пауз между импульсами. Результирующее колебание – это инвертированные импульсы, которые модулировались и передавались дистанционным управлением. Схема генератора основана на микросхеме таймера 555. Пока конденсатор C1 заряжается, резистор R2 шунтируется диодом D3, но во время разрядки конденсатора ток протекает через резистор R2. Поэтому если сопротивление резистора R1 будет равняться сопротивлению резистора R2, то время заряда будет равно времени разряда, при этом станет формироваться выходной сигнал с 50-процентной скважностью. Компоненты R1, R2 и C2 (все прецизионные) были подобраны так, чтобы обеспечить в данной схеме включения выходной сигнал частотой 40 кГц. Выходной сигнал генератора стробирует ИК светодиод через транзистор Q1. Генератор функционирует только в случае, если на выводе 4 микросхемы U1 устанавливается высокий уровень. Так как этот вывод соединен со схемой инвертора, генератор функционирует, когда входной сигнал инвертора имеет низкий уровень. Вход инвертора подсоединен к выходу MOD1, который выдает сигнал низкого уровня с получением каждого импульса сигнала от дистанционного управления. Следовательно, данная схема формирует импульс ИК сигнала частотой 40 кГц каждый раз, когда принимает аналогичный сигнал.

БЕСПРОВОДНЫЕ НАУШНИКИ

Эти наушники можно использовать без непосредственного соединения со звуковым источником. На рисунке показана схема простого передатчика, удобная для связи со звуковым источником. Диоды D1 – D3 – это три последовательно включенных ИК светодиода, управляемых транзистором TR2 (n-канальным МОП транзистором с максимальным значением тока истока 500 мА). Свечение светодиодов модулируется полученным звуковым сигналом, при этом происходит ограничение тока транзистора TR2 транзистором TR1, который регулирует уровень смещения в случае, если ток истока транзистора TR2 превышает 100 мА. Для получения другой величины тока следует подстроить потенциометр VR1. Источник питания напряжением 9 В, применяемый в схеме, должен обеспечивать импульсный ток передатчика. Дальность действия передатчика составляет 1–2 м, но ее можно увеличить, расположив рефлекторы (отражатели) позади диодов.

Предлагаемая схема приемника с использованием фотодиода D4 для улавливания ИК излучения представлена на рис. 43.23б. Преобразованный ИК диодом

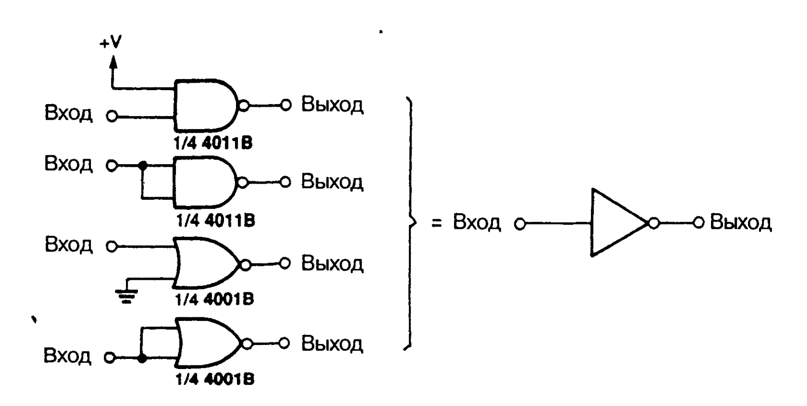


Everyday Practical Electronics **Рис. 43.23**

сигнал поступает еще на один МОП транзистор TR3. Выходной сигнал снимается с вывода стока через конденсатор C5. Уровень сигнала может быть отрегулирован потенциометром VR2, питание схемы осуществляется от батарейки размером PP3.

ГЛАВА 44
ИНВЕРТОРЫ

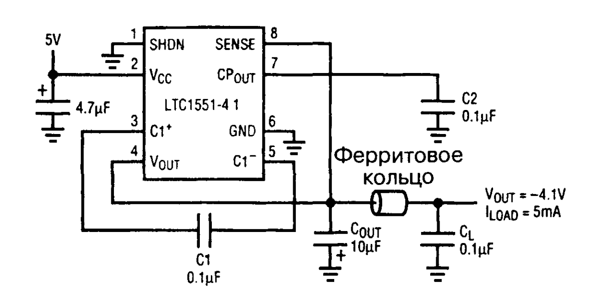
ИНВЕРТОРЫ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ



William Sheets **Рис. 44.1**

Различная конфигурация входов двухвходовых логических элементов позволяет построить буферные каскады или инверторы так, как показано на рис. 44.1.

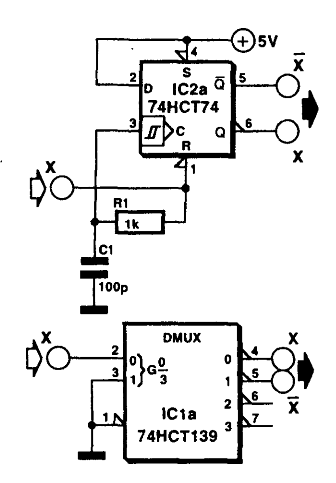
СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ



Linear Technology Power Solutions **Рис. 44.2**

В аналоговых сотовых телефонах высококачественная передача информации обеспечивается с помощью арсенид-галлиевого (GaAs) полевого транзистора, который имеет максимальную величину отношения сигнал/шум. Для его эффективной работы необходимо хорошо отфильтрованное напряжение смещения. На рис. 44.2 приведена схема инвертора напряжения на ИС типа LTC1551CS8-4.1 с переключающим конденсатором. Она обеспечивает снижение выходного шума до уровня меньшего, чем 1 мВ при выходном стабилизированном напряжении –4,1 В. Рабочая частота 900 кГц допускает использование в емкостном преобразователе небольших конденсаторов емкостью 0,1 мкФ. Выходные конденсаторы емкостью 10 мкФ и 0,1 мкФ эффективно снижают величину пульсаций (900 кГц) до незначительного уровня. У микросхемы LTZ1550CS8-4.1 вход внешнего включения срабатывает по сигналу низкого логического уровня (SHDN), тогда как у ее аналога LTC1551CS8-4.1 – по сигналу высокого логического уровня. Не увеличивая число внешних компонентов, можно выбрать нужную модификацию. Микросхемы LTC1550 и 1551CS8-4.1 действуют как удвоители напряжения, то есть лишь инвертируют входное напряжение и стабилизируют его до уровня –4,1 В. Диапазон входных напряжений составляет 4,5–7 В.

ИНВЕРТОР НА D-ТРИГГЕРЕ



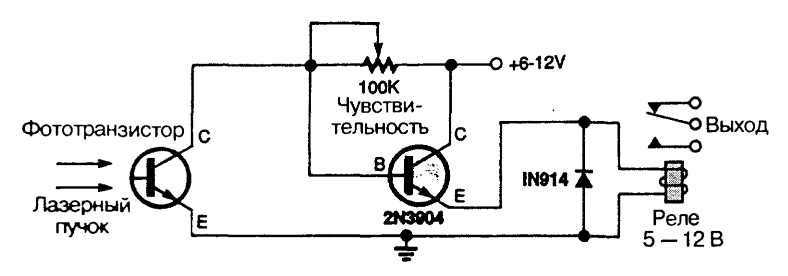
Elector Electronics **Рис. 44.3**

Эта схема представляет интерес ввиду того, что D-триггер (бистабильная ячейка) используется здесь в качестве инвертора. При изменении уровня на входе от высокого к низкому триггер сбрасывается (команда RESET), а его выходной сигнал Q становится высокого уровня. При поступлении на вход сигнала низкого

уровня команда RESET снимается, а выходной сигнал Q становится низкого уровня. Задержка, вносимая цепочкой R1, C1 между входами R (Сброс) и C, позволяет запускать триггер передним фронтом входного сигнала. Например, в случае применения микросхемы сдвоенного D-триггера типа 74HCT74 время, требующееся для тактового импульса, который должен быть получен после снятия команды RESET, равняется 5 нс. Поэтому цепочка R–C, вносящая задержку в 7,5 нс, обеспечивает приемлемый запас надежности. Время изменения тактового импульса не создает никаких проблем, так как максимально допустимое время нарастания входного тактового сигнала равняется 500 нс. Для того чтобы устранить появление асимметричных выходных сигналов, рекомендуется подбором компонентов с заданным номиналом ограничить входную частоту величиной ~1 МГц.

ГЛАВА 45
ЛАЗЕРНЫЕ СХЕМЫ

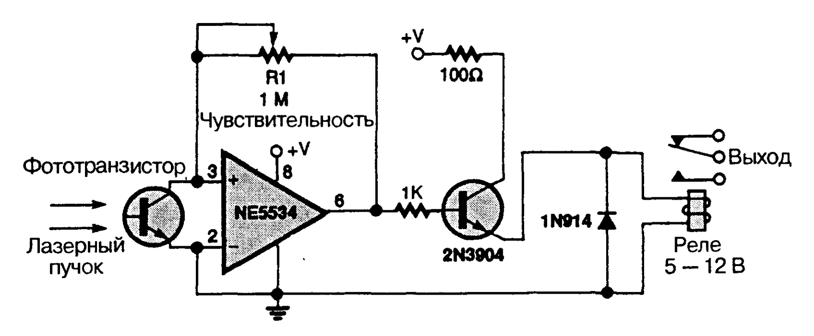
РЕЛЕ, ЗАПУСКАЕМОЕ ЛАЗЕРНЫМ ПУЧКОМ



Electronics Now **Рис. 45.1**

Эту двухтранзисторную релейную схему можно запустить при облучении фототранзистора пучком лазерных лучей.

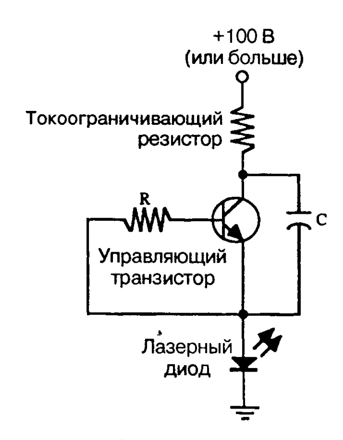
ЗАПУСКАЕМОЕ ЛАЗЕРОМ РЕЛЕ С УСИЛИТЕЛЕМ



Electronics Now **Рис. 45.2**

В данной схеме вместе с фототранзистором применяется малошумящий усилитель, что позволяет добиться большей чувствительности, чем при использовании только детекторного элемента.

СХЕМА ВОЗБУЖДЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА

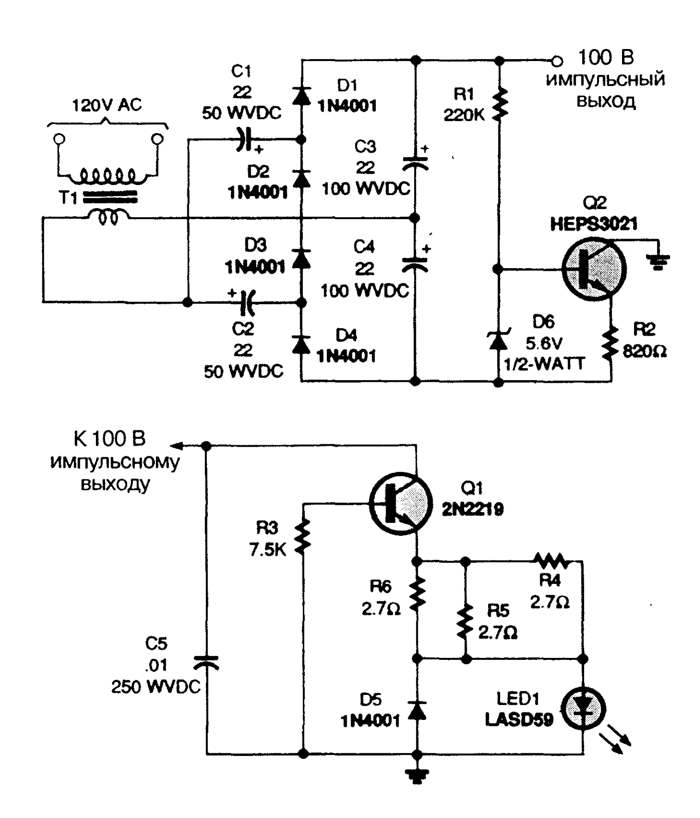


Tab Books ***Рис. 45.3***

Эта схема позволяет управлять гетероструктурным лазерным диодом. Транзистор, работающий в лавинном режиме, выдает короткие импульсы прямого тока.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА

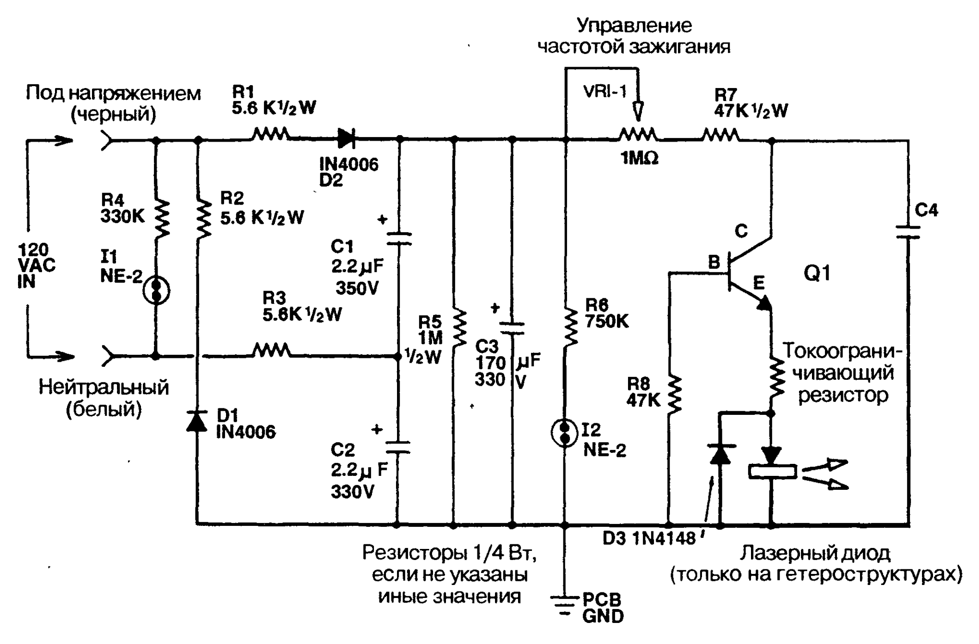
Трансформатор T1 (на 24 В) питает схему двухполупериодного учетверяющего выпрямителя, который выдает выходное напряжение 120 В. Резистор R1 и диод D6 образуют цепь смещения транзистора Q2, который вместе с резистором R2 формирует схему стабилизации постоянного тока 5,7 мА. Транзистор Q2, мощность которого может достигать 1 Вт и выше (при напряжении коллектор–эмиттер V_{CE} равном 150 В) следует использовать с теплоотводом. Конденсатор C5, резисторы R3 – R6, диод D5, светодиод LED1 и транзистор Q1 образуют лавинный генератор, который вырабатывает импульсы тока частотой 4–5 кГц. Транзистор Q1 необходимо подбирать так, чтобы его напряжение пробоя составляло от 90 до 110 В постоянного тока. Схему источника питания на отдельной печатной плате следует собирать по стандартной методике. Можно использовать несколько углеродистых резисторов R4 – R6 мощностью 0,25 Вт или один углеродистый резистор мощностью 1 Вт и сопротивлением 1 Ом. Во избежание потерь нужно делать короткие дорожки на печатной плате всего этого блока. Для крепления транзистора Q1 следует использовать разъем, а лазерный диод LED1 крепить за вывод анода.



Popular Electronics ***Рис. 45.4***

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ 120 В ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ СХЕМЫ С ЛАЗЕРОМ

На рис. 45.5 показана полная принципиальная схема генератора импульсов и источника питания гетероструктурного лазера от сети 120 В переменного тока. Схема состоит из сетевого разъема, выпрямителя с удвоением напряжения, накопительного конденсатора большой емкости, двух неоновых индикаторных ламп, показывающих наличие сетевого и постоянного напряжений в схеме, регулятора частоты вспышек лазера (сопротивлением 1 МОм) и собственно схемы генерации импульсов тока лазера. Лампа I2 – это также и предупредительная лампа. Когда она горит, лазер находится в рабочем состоянии. Ток, текущий в удвоителе напряжения, ограничивается резисторами R1 – R3 и емкостным сопротивлением конденсаторов C1 иC2. Резистор R7 сопротивлением 47 кОм ограничивает входную мощность схемы генератора во избежание перегрева диода или транзистора Q1. Конденсаторы и резисторы изолируют схему от шины переменного тока для

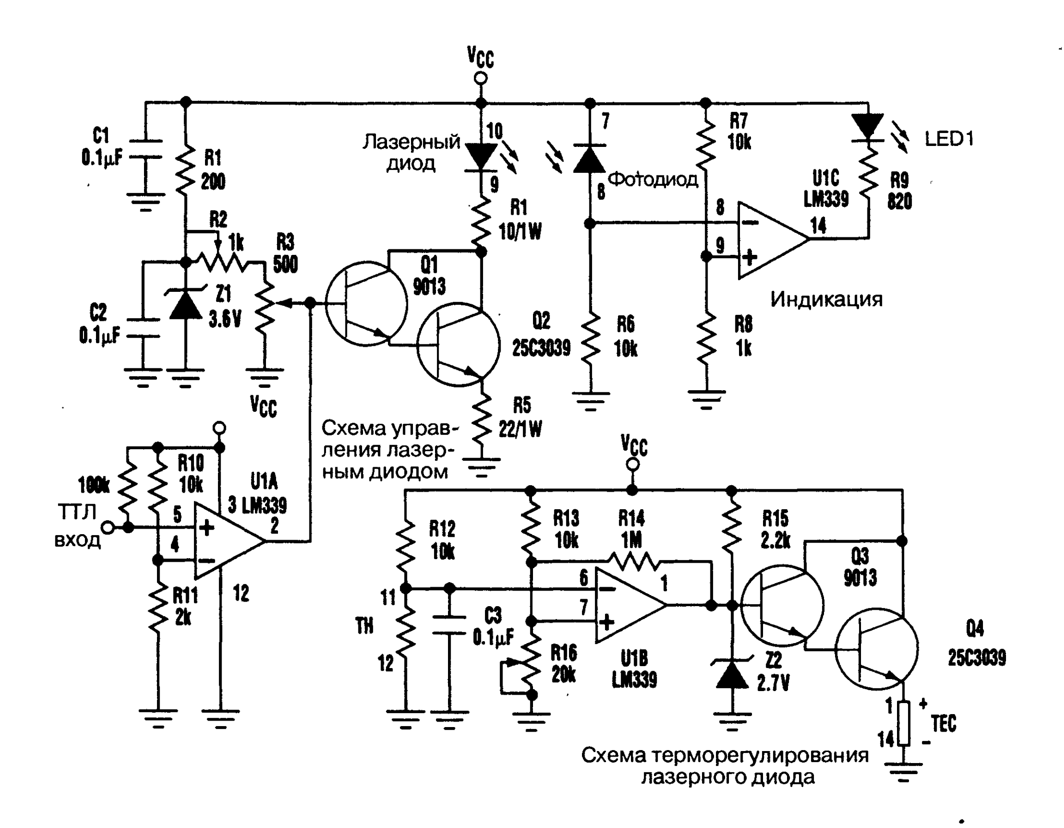


Nuts and Volts **Рис. 45.5**

защиты от поражения током, но необходимо обеспечить еще и дополнительную защиту. Нужно быть уверенным, что прибор находится в непроводящем корпусе и сетевой разъем подключен правильно. Нельзя прикасаться ни к каким частям схемы, когда она включена. Следует удостовериться в том, что в качестве VR1 используется потенциометр с пластиковым корпусом или отдельный потенциометр управляемого типа с пластиковой ручкой.

ДЕШЕВАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА

На рисунке представлена дешевая управляющая схема лазерного диода с ограничением тока и лазерным монитором для более надежной работы лазера. Температурная стабилизация лазерного диода обеспечивается схемой управления при помощи встроенного термоэлектрического охладителя (TEC). Модуль лазерного диода типа QLM5S876 (1,55 м), используемый в схеме, имеет встроенный контрольный фотодиод, TEC и термистор. Лазер управляется источником постоянного тока на транзисторах Q1 и Q2. Прямой рабочий ток стабилизирован от изменений питания стабилитроном Z1, а требуемое значение подстраивается резисторами R2 и R3. При малой величине тока лазер не испускает, а контрольный фотодиод не улавливает свет. Поэтому на выходе компаратора U1C высокий уровень сигнала, и светодиод LED1 выключен. Когда подается управляющий сигнал, включающий рабочий ток, лазер испускает свет, который воспринимается фотодиодом. Компаратор

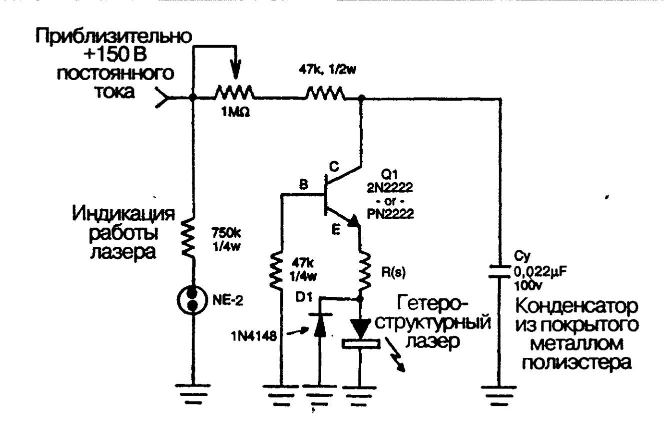


Electronic Design **Рис. 45.6**

включает светодиод LED1 – индикатор лазерного монитора. Схема контроллера ТЕС – это система терморегулирования с обратной связью. Если температура превышает определенное значение, устанавливаемое резистором R16, то высокий уровень выходного сигнала компаратора включает элемент ТЕС через резистор R15 и транзисторы Q3 и Q4. Управляющий ток ТЕС ограничивается стабилитроном Z2. В рабочем состоянии ТЕС охлаждает лазер. Это повышает напряжение на инвертирующем входе до тех пор, пока оно не достигнет верхнего значения напряжения выключения компаратора, после чего подача тока на ТЕС прекращается.

УПРАВЛЯЮЩАЯ СХЕМА ОДИНОЧНОГО ГЕТЕРОСТРУКТУРНОГО ЛАЗЕРА

Использование лавинного транзистора является одним из надежных способов достижения короткого по времени быстро нарастающего импульса для питания

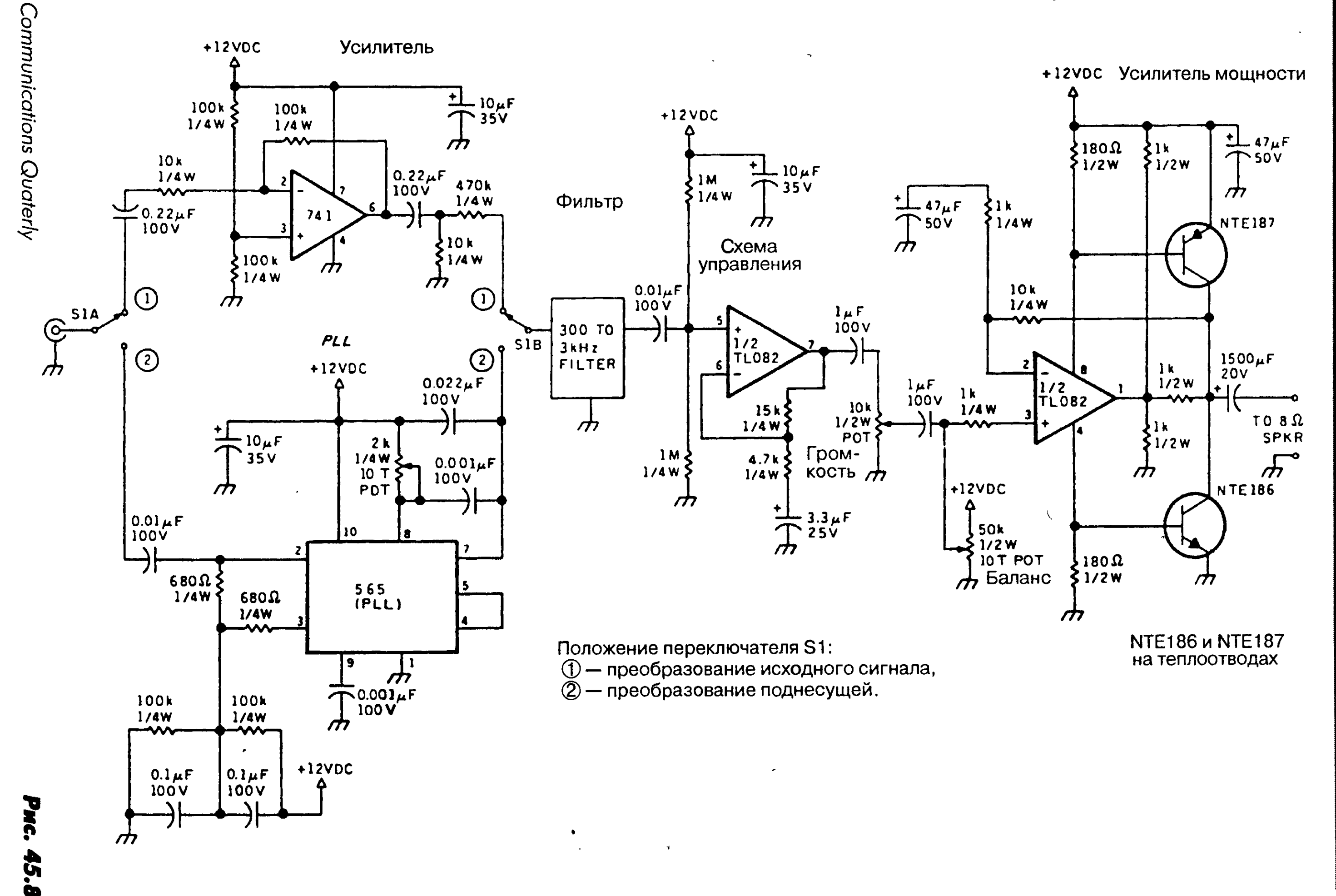


Nuts and Volts **Рис. 45.7**

гетероструктурного (ГС) лазера. У транзистора есть так называемое напряжение пробоя – V_{CE}; если это напряжение превышено, то транзистор начинает лавинообразно проводить ток по цепи коллектор–эмиттер. Импульсы, формируемые при этом, имеют очень короткое время нарастания – порядка 1 или 2 нс, а их длительность связана с емкостью коллектора. Принцип действия схемы: заряд конденсатора C_y продолжается до тех пор, пока напряжение на коллекторе транзистора Q1 не достигнет величины, достаточной для того, чтобы пробить переход коллектор–эмиттер. Для транзистора 2N2222 этот предел обычно составляет от 75 до 80 В. При пробое транзистор посылает импульс тока через низкоомный резистор R(s). При использовании конденсатора емкостью 0,022 мкФ длительность импульса составляет всего 75 нс. Этот конденсатор должен иметь особую конструкцию с малой индуктивностью. Стоит обратить внимание на переключающий диод D1 с высоким быстродействием. Его цель – погасить обратное напряжение, которое может возникнуть на незначительной индуктивности в цепи лазера после его выключения, так как обратное напряжение всего ~3 В может вывести из строя ГС лазер. Время нарастания у этого диода сравнимо со временем нарастания лавинной схемы – всего 6 нс до того, как он включится. Номиналы конденсатора и токоограничивающего резистора R(s) зависят от типа используемого ГС лазерного диода.

ЛАЗЕРНЫЙ ПРИЕМНИК, ДЕТЕКТОР И АУДИОСХЕМА

Выход видеопредусилителя можно подключать либо к аудиоусилителю, который устанавливает уровень коррекции демодулированных звуковых сигналов при использовании прибора для тестовых каналов на короткие расстояния, либо к схеме ФАПЧ, которая демодулирует ФМ поднесущую частоту при применении прибора на больших расстояниях. Генератор, управляемый напряжением (ГУН). схемы ФАПЧ установлен на поднесущую частоту 100 кГц. Сигнал ошибки генерируется, когда ГУН отслеживает ФМ сигнал и выдает демодулированный звуковой

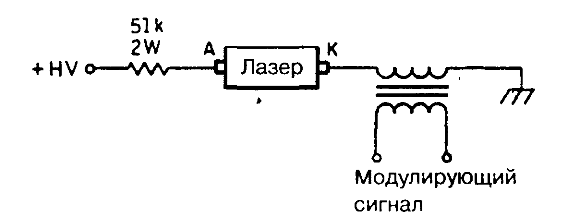


Communications Quaterly

Рис. 45.8

сигнал. Каждый из этих выходных сигналов посылается на полосовой фильтр (300–3000 Гц) и затем на звуковой усилитель мощности, работающий на громкоговоритель или наушники с низким сопротивлением. Питание для данных схем обеспечивается напряжением 12 В постоянного тока.

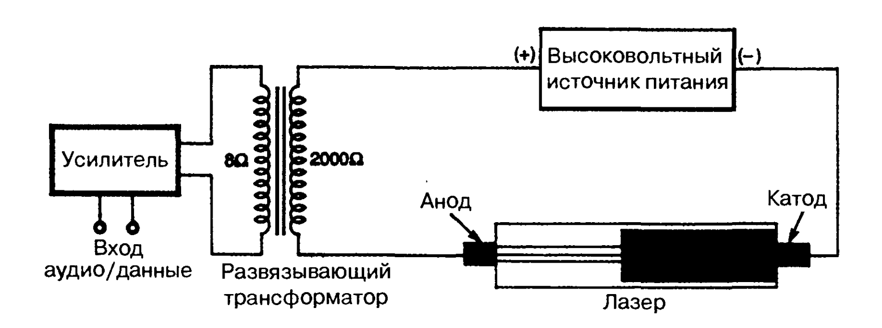
СХЕМА МОДУЛЯЦИИ ЛАЗЕРНОГО ТОКА



Communications Quarterly **Рис. 45.9**

Такая схема позволяет осуществлять небольшую (всего ~10%) модуляцию в зависимости от характеристик лазера.

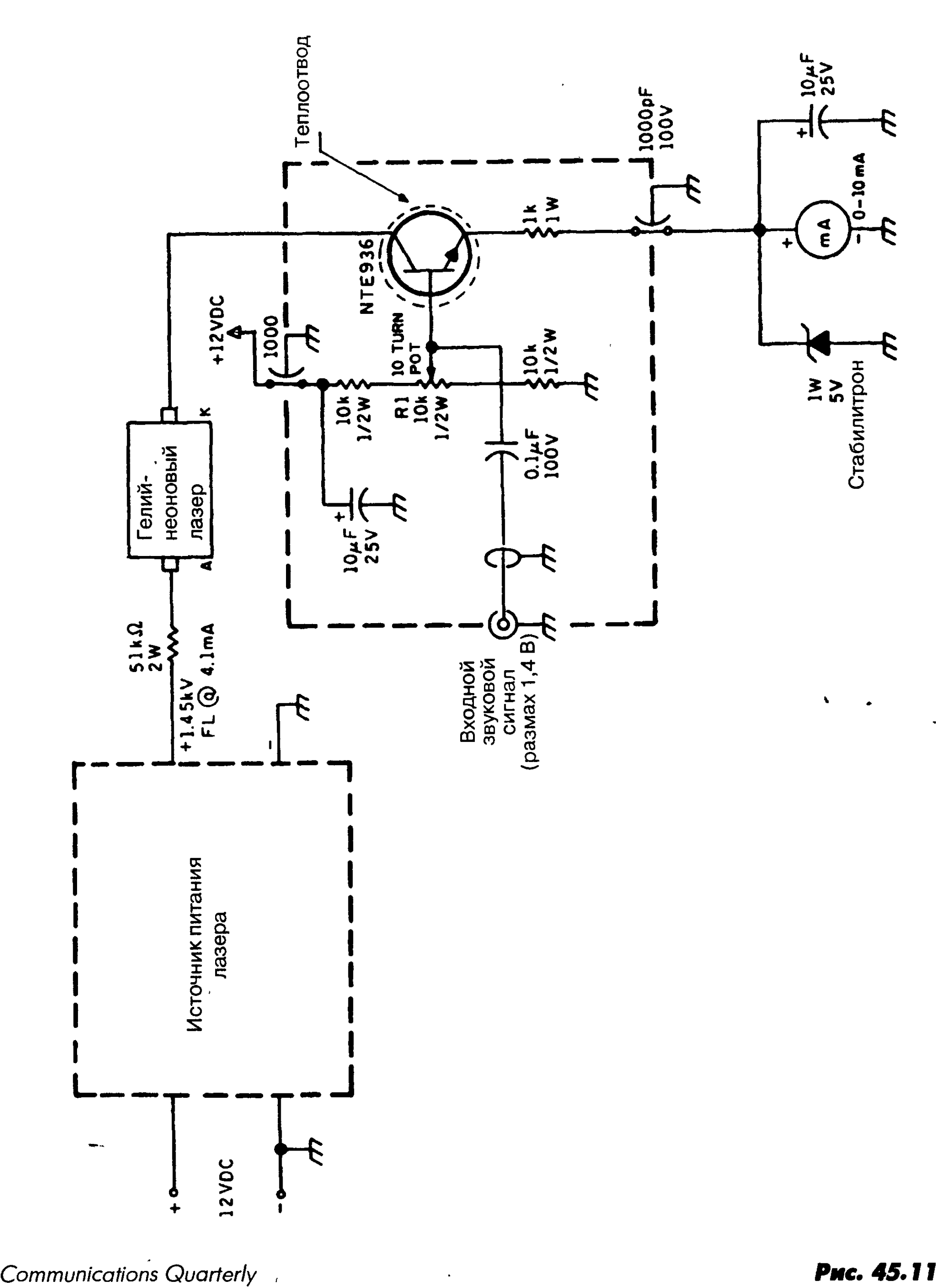
СХЕМА ЛАЗЕРНОЙ МОДУЛЯЦИИ



Electronics Now **Рис. 45.10**

Эта схема может осуществлять электронную модуляцию лазерного пучка. Очевидно, что трансформатор, используемый в схеме, должен работать без пробоя с высокими напряжениями от источника питания лазера.

ЛАЗЕРНЫЙ ПЕРЕДАТЧИК

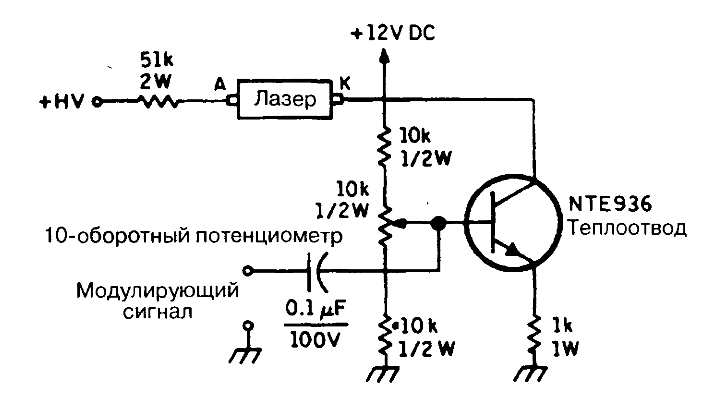


Communications Quarterly

Рис. 45.11

Модулятор тока подключается к катоду лазера. Ток покоя должен быть равным 4,1 мА, а модулирующий сигнал следует установить так, чтобы изменения тока были всего ±0,7 мА. Защищенный и шунтированный миллиамперметр с пределом измерения 0–10 мА используется в «земляной» цепи для установки и наблюдения рабочего тока покоя лазера. Балластный резистор (51 кОм, 2 Вт), расположенный на схеме рядом с выводом анода лазера, стабилизирует разряд. При полной нагрузке напряжение на источнике питания должно составлять 1,45 кВ постоянного тока. Следует помнить, что поднесущая частота не должна превышать 200 кГц, а размах напряжения ее сигнала – 1,4 В. (Существует ряд ИС, которые для генерации ФМ поднесущей работают как генераторы, управляемые напряжением.)

СХЕМА ЛАЗЕРНОЙ МОДУЛЯЦИИ С ИСТОЧНИКОМ ТОКА



Communications Quarterly **Рис. 45.12**

Любая низкочастотная модуляция интенсивности исходных сигналов при передаче на большие расстояния может быть искажена вследствие обострения атмосферной турбулентности. Поэтому, чтобы преодолеть такое ограничение, информация должна подвергаться частотной модуляции до 200 кГц. Создать модулятор тока для модуляции поднесущей с требуемыми характеристиками можно, если использовать транзистор как источник изменяемого тока через лазер. В данной схеме рабочий ток покоя через лазер устанавливается равным 4,1 мА с помощью потенциометра в схеме смещения. Если допустить, что падение напряжения через переход база–эмиттер транзистора составит 0,7 В и на эмиттере подключен резистор сопротивлением 1000 Ом, то напряжение на базе (относительно «земли») составит 4,8 В постоянного тока. Входное модулирующее напряжение должно быть в пределах 1,4 В (размах), чтобы вызвать изменение тока (±0,7 мА) через лазер. Следовательно, источник сигналов модуляции должен обеспечивать сигнал с амплитудой до 1,4 В в схеме модулятора тока лазера.

ФОТОУМНОЖИТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ПРИЕМНИК С ВИДЕОУСИЛИТЕЛЕМ

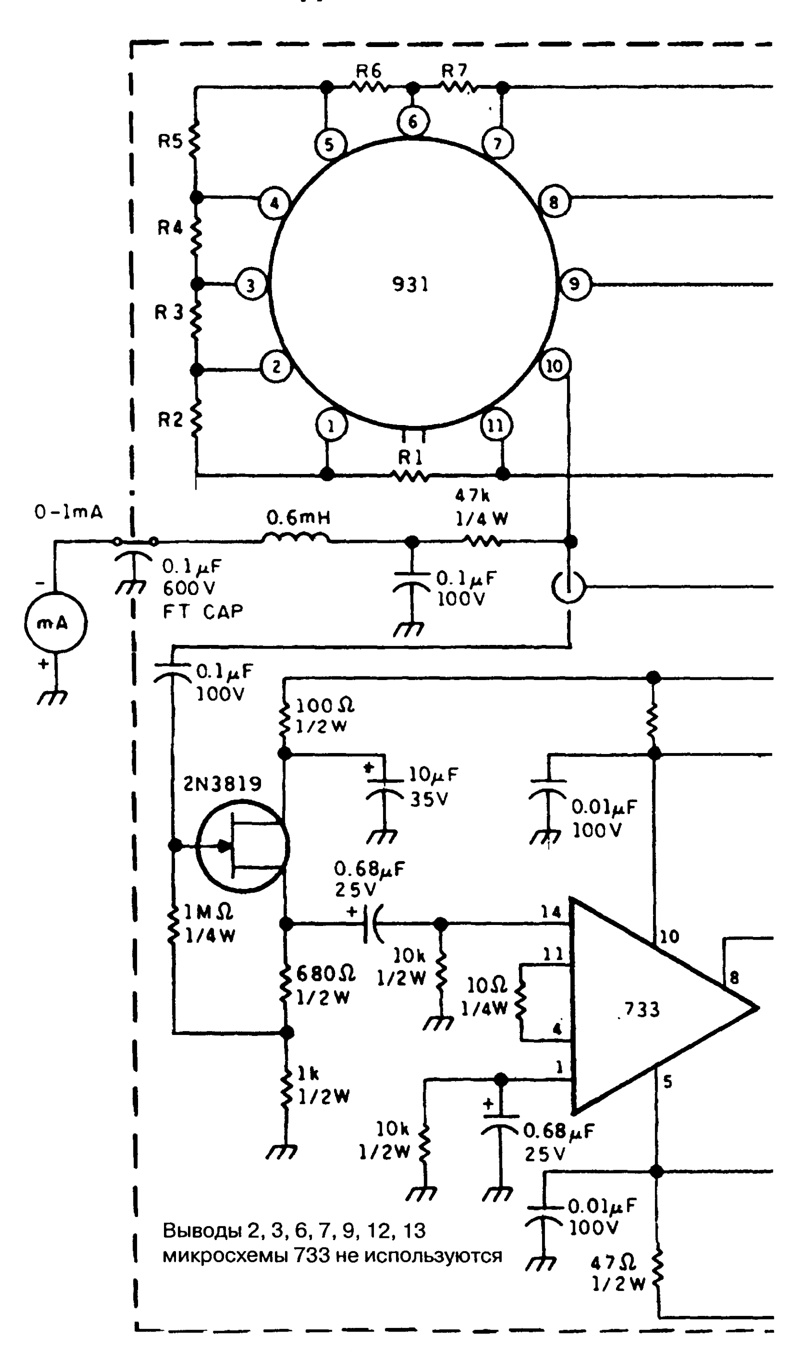
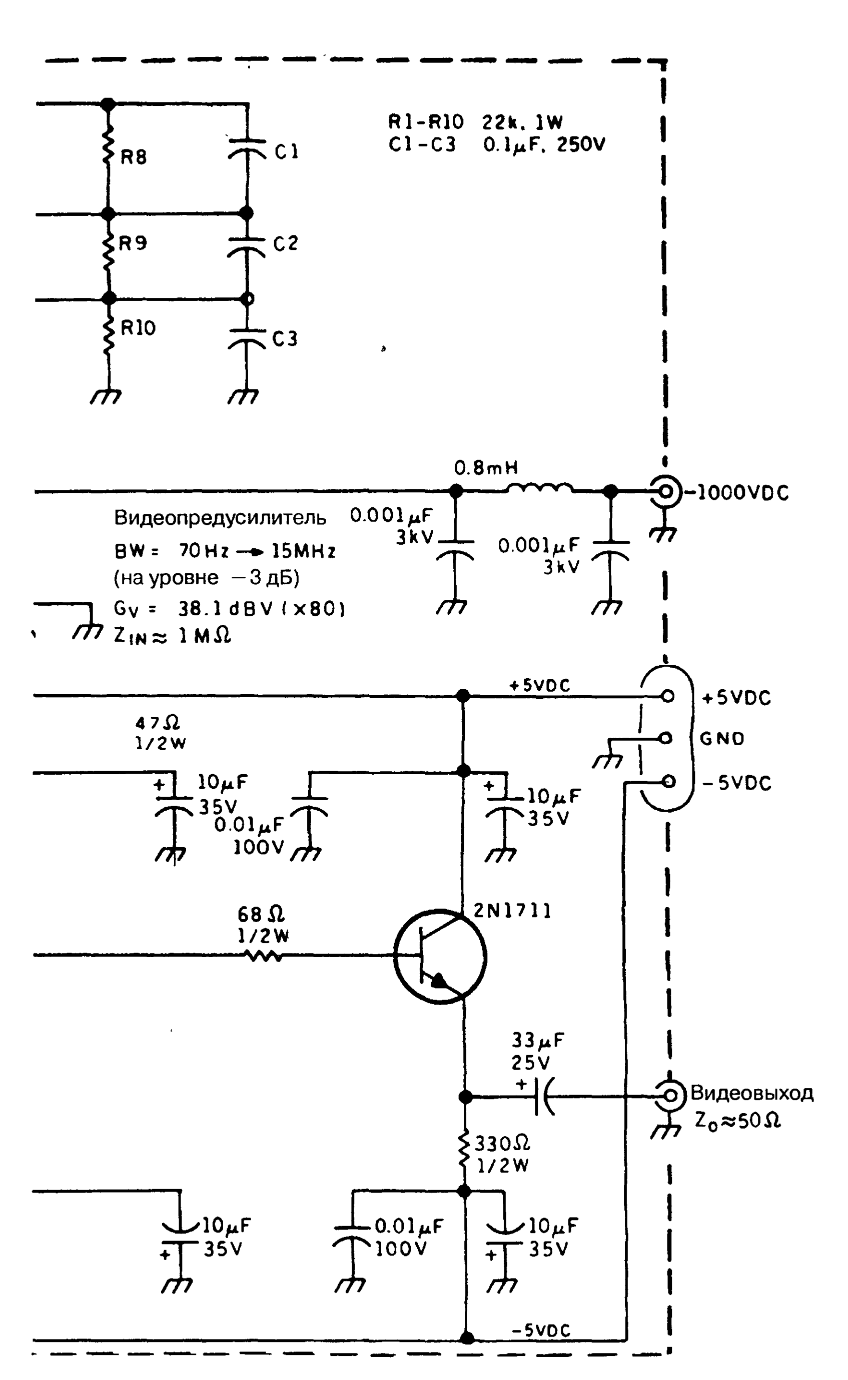


Рис. 45.13 (1 из 2)



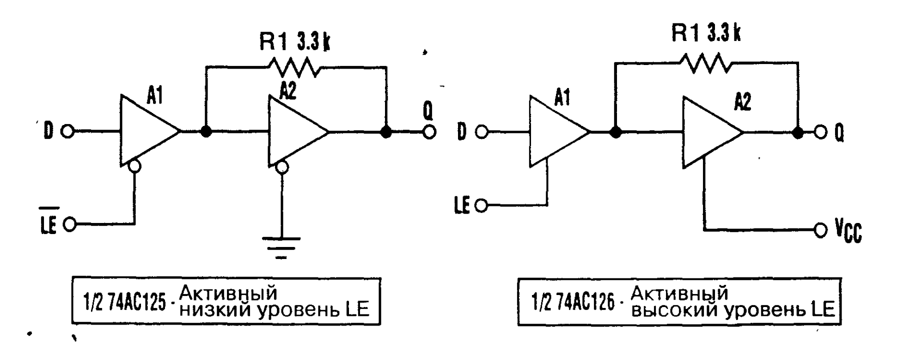
Communications Quarterly

Рис. 45.13 (2 из 2)

На рисунке представлена принципиальная схема недорогого фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) серии 931 с боковым обзором и его резисторной делительной цепи. Эта схема обеспечивает пропорциональные напряжения динодов. Конденсаторы на трех последних резисторных секциях улучшают частотную характеристику ФЭУ на частоте модулированного сигнала. Миллиамперметр в цепи анода ФЭУ регистрирует средний ток ФЭУ при уровне освещенности от среднего до высокого, который устанавливается во время диагностических тестов. В качестве предусилителя ФЭУ используется широкополосный усилитель серии 733 (или эквивалентный). Сигнал ФЭУ может быть или непосредственно видеосигналом, или модулированным видеосигналом, поэтому предусилитель должен усиливать сигналы всех частот. Предусилитель сконструирован с полосой пропускания 70 Гц – 15 МГц на уровне 3 дБ с коэффициентом усиления 80. Поскольку схема преобразования сигнала, вероятно, будет размещена в отдельном корпусе, то видеопредусилитель сконструирован с учетом подключения кабеля с сопротивлением 50 Ом. Так как ФЭУ производит усиление слабых фототоков, шум ФЭУ будет преобладать над шумом ИС видеопредусилителя.

ГЛАВА 46
СХЕМЫ-ЗАЩЕЛКИ

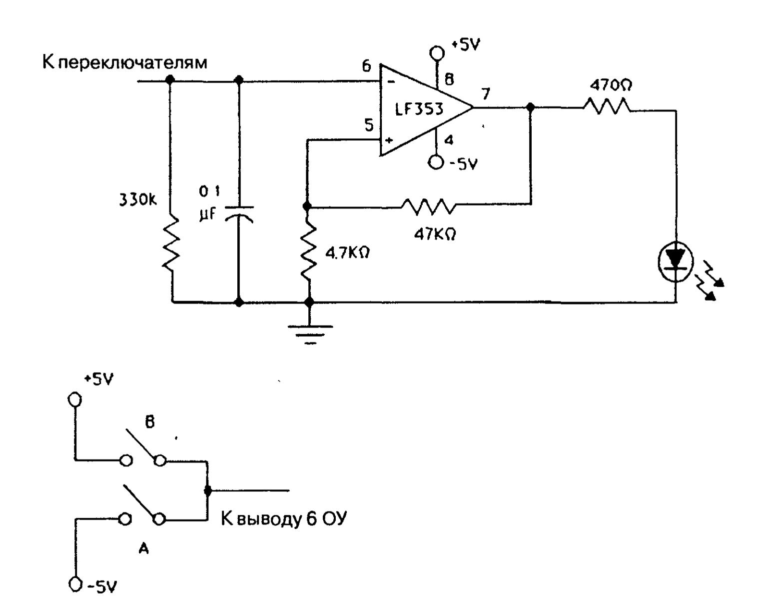
«ПРОЗРАЧНАЯ» ЗАЩЕЛКА



Electronic Design **Рис. 46.1**

Представленные на схеме две независимых защелки гораздо дешевле и проще для разработчика. Второй буферный усилитель A2 соединен с резистором R1, включенным в петлю обратной связи (усилитель A1 пока не рассматриваем). Буферный усилитель A2 и резистор ОС R1 – это устойчивая защелка. Так как усилителю A2 требуется очень малый входной ток, то на резисторе R1 практически нет никакого падения напряжения. В результате входной сигнал равен выходному, а у сигнала, поступающего и проходящего через буфер, поддерживается устойчивый (стабильный) уровень. Когда буфер A1 выключен, на входе A2 устанавливается тот же уровень тока, что и на D. Если на выходе A2 (Q) формируется сигнал противоположного логического уровня, что может случиться за тот короткий период времени (задержка, вызванная логическим элементом), когда на D сигнал с логическим уровнем, противоположным логическому уровню сигнала на Q, то буфер A1 потребляет ток, втекающий или вытекающий через резистор R1. После задержки, вызванной логическим элементом, данный сигнал передается на Q. В этот момент с обеих сторон резистора R1 сигналы одинакового логического уровня. Когда сигнал LE (Разрешение записи) становится неактивным, буфер A1 входит в положение с тремя состояниями, при этом защелка сохранит уровень, который был на D до того, как сигнал LE стал неактивным.

ЗАЩЕЛКА, ЗАПУСКАЕМАЯ КНОПОЧНЫМ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕМ

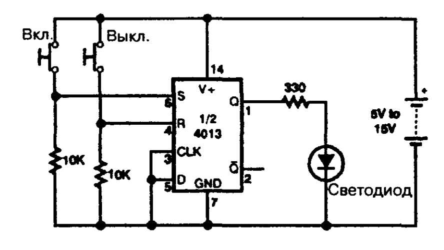


Nuts and Volts **Рис. 46.2**

Таблица истинности

A	*B*	*Светодиод*
Вкл.	*Выкл.*	*Вкл.*
Выкл.	*Вкл.*	*Выкл.*

СХЕМА ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ С БЛОКИРОВКОЙ

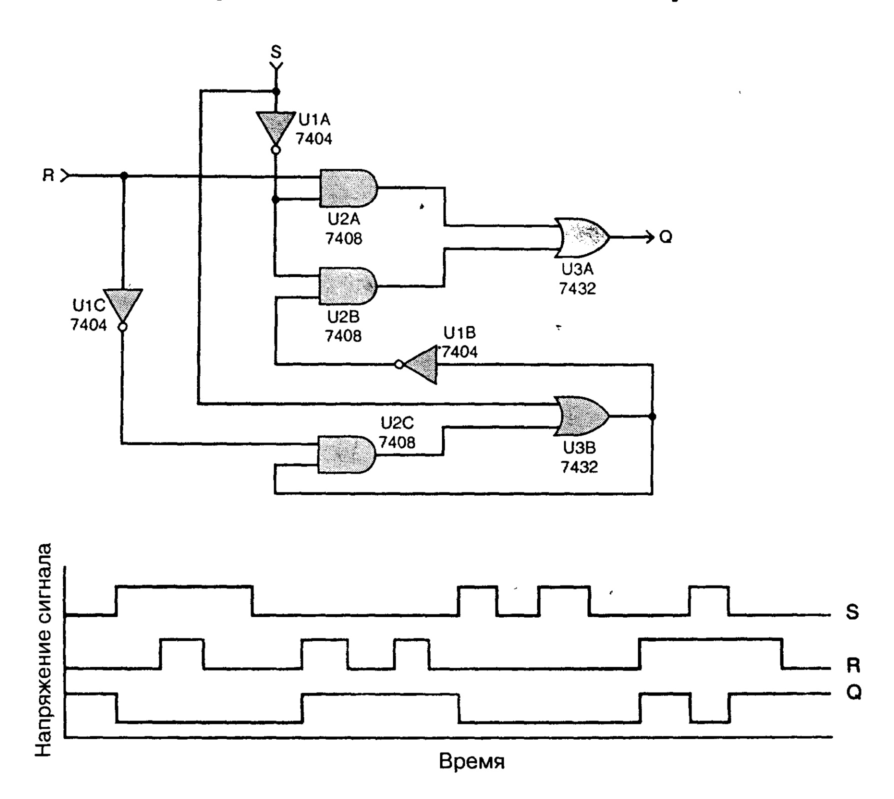


Electronics Now **Рис. 46.3**

На приведенной схеме одна кнопка включает светодиод, а другая выключает его. Если подать положительный импульс на вход S (Установка), то на выходе установится высокий уровень напряжения. Выход будет оставаться включенным до тех

пор, пока положительный импульс не будет подан на вход R (Сброс) и не переведет выход в нулевое положение. (ТТЛ триггеры, такие как 74LS74, приводятся в действие отрицательными, а не положительными импульсами.)

ЦИФРОВАЯ ЗАЩЕЛКА С ОСОБЕННОСТЬЮ ЗАЩИТНОГО СБРОСА



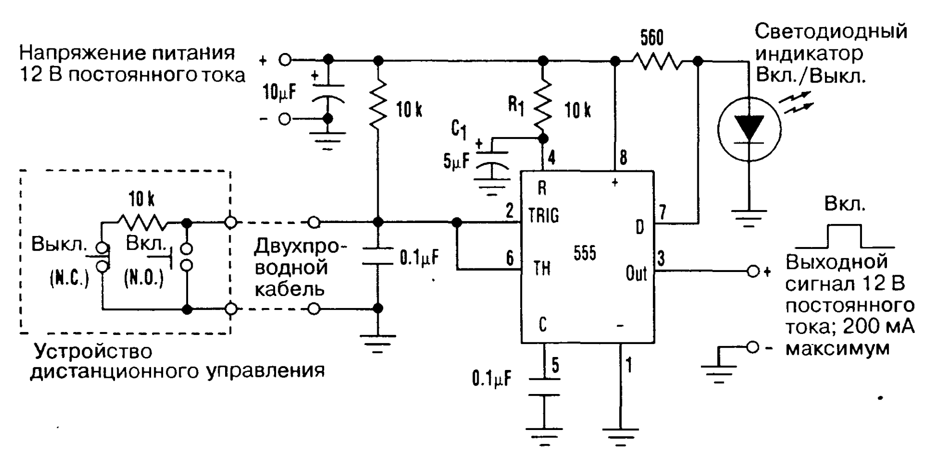
NASA Tech Brief **Рис. 46.4**

На временной диаграмме показаны различные режимы работы этой схемы. Высокий уровень на входе S приводит к низкому уровню на выходе Q. Затем высокий уровень на R может переустановить высокий уровень на выходе Q, но только до тех пор, пока уровень на S остается низким.

Асинхронная цифровая схема с фиксацией создана для использования в устройствах, связанных с системами безопасности, например для выключения энергии в случае сигнала тревоги. В режиме нормальной работы при отсутствии сигнала тревоги входы S (SET – Установка) и R (RESET – Сброс) выключены или имеют входные напряжения низкого уровня, тогда как выходное напряжение на Q – высокого уровня (Q включен). Вход SET генерирует сигнал тревоги: всякий раз, когда на S сигнал высокого уровня (включен), на Q – низкого, и уровень на

нем останется низким, даже когда уровень на S станет низким. Следовательно, например, схема оставляет источник питания выключенным даже после того, как сигнал тревоги отменен. Если безопасные условия будут восстановлены, то схема может переустановить на Q высокий уровень, подав сигнал включения на вход R. Однако независимо от входного уровня на R на Q не может быть установлен высокий уровень до тех пор, пока на S остается высокий уровень; то есть схема не может быть переустановлена, если сигнал тревоги все еще поступает. Таким образом, сигнал R не может игнорировать сигнал тревоги и поэтому не способен выдать неправильный сигнал тревоги, а также не может войти в состояние колебаний, так как уровни на входах S и R изменяются одновременно.

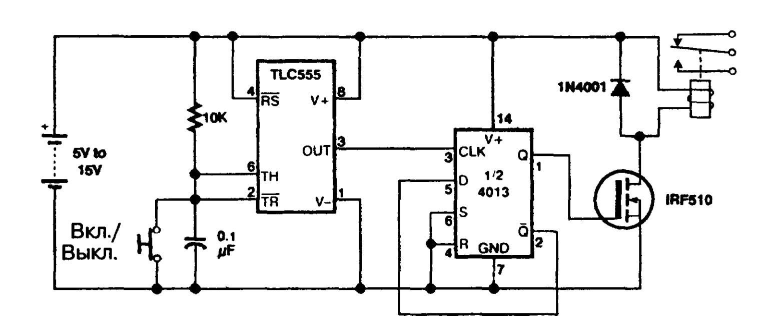
ЗАЩЕЛКА НА МИКРОСХЕМЕ 555



Electronic Design **Рис. 46.5**

При использовании микросхемы типа 555 в качестве элемента памяти этот кнопочно-управляемый переключатель может обеспечивать ток нагрузки до 200 мА. Для взаимодействия кнопок ВКЛ. (ON) и ВЫКЛ. (OFF) со схемой управления требуется всего лишь пара проводов. Микросхема 555 будет работать как элемент памяти, если соединить триггерный (вывод 2) и пороговый (вывод 6) входы между собой и подать половинное напряжение питания через резисторную цепь. Если на входе установится низкий уровень, то на выходе будет высокий уровень, а высокий уровень на входе приведет к низкому уровню на выходе. Для осуществления дистанционного управления переключателем-защелкой в схеме делителя напряжения устанавливается один резистор. Замыкание этого резистора нажатием кнопки ВКЛ. приводит к высокому уровню на выходе. Цепочка R1, C1, соединенная с входом R (Сброс) – вывод 4, устанавливает защелку в состояние выключения при первоначальной подаче питания. Индикатор на светодиоде ON/OFF (ВКЛ./ВЫКЛ.) остается выключенным всякий раз, когда разгрузочный выход (вывод 7) пропускает сигнал, при этом на выходе (вывод 3) устанавливается высокий уровень.

ОДНОКНОПОЧНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С ФИКСАЦИЕЙ

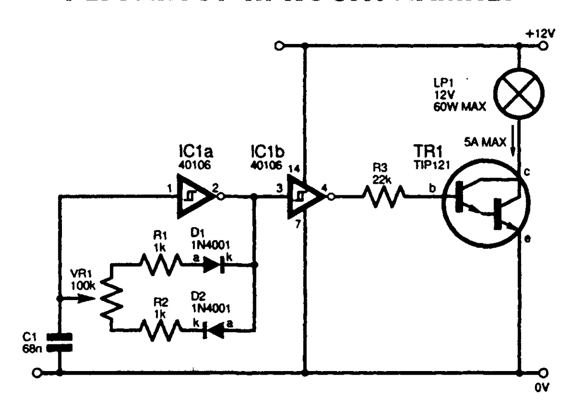


Electronics Now ***Рис. 46.6***

Входы S (Установка) и R (Сброс) заземлены, инвертирующий выход $\overline{Q}$ соединен с входом D, а импульсы поступают на вход CLK. Каждый положительный импульс заставляет триггер переключиться из одного состояния в другое. Микросхема TLC555, изображенная на рисунке, выполняет две задачи. Во-первых, она инвертирует импульсы таким образом, что можно получить положительный импульс с переключателя, соединенного с «землей». Во-вторых, она устраняет «дребезг» переключателя. При нажатии кнопки контакт не может установиться сразу, так как контакты «дребезжат», замыкаясь и размыкаясь три или четыре раза. Микросхема 4013 переключалась бы в таком случае при каждом «дребезге» (отскакивании контакта), что приводило бы к непредсказуемым результатам. В микросхеме TLC555 использованы резистор и конденсатор для сглаживания этих флуктуаций. Таким образом, при каждом нажатии кнопки формируется один импульс.

ГЛАВА 47
СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОМ

РЕГУЛЯТОР ЯРКОСТИ ЛАМПЫ

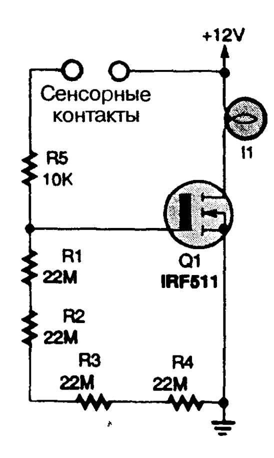


Everyday Practical Electronics **Рис. 47.1**

Эта схема импульсного регулятора мощности постоянного тока позволяет изменять яркость свечения лампы накаливания или обороты электродвигателя постоянного тока. В схеме имеется генератор, собранный на основе инвертирующего триггера Шмитта IC1a, и буферный каскад на IC1b. Сигнал с буферного каскада подается на мощный составной транзистор TR1, в цепь коллектора которого в качестве нагрузки включена лампа LP1. Переключение транзистора осуществляется с номинальной частотой 330 Гц. С помощью потенциометра VR1 коэффициент заполнения последовательности переключающих импульсов может изменяться в широких пределах, поэтому мощность, подводимую к нагрузке, можно варьировать в пределах от 5 до 95% от предельного значения. При используемой частоте переключения никакого мерцания света не будет. Потребление мощности схемой невелико, поэтому она идеально подходит в качестве регулятора мощности для автомобильного инструмента и лампочек приборной панели автомобиля.

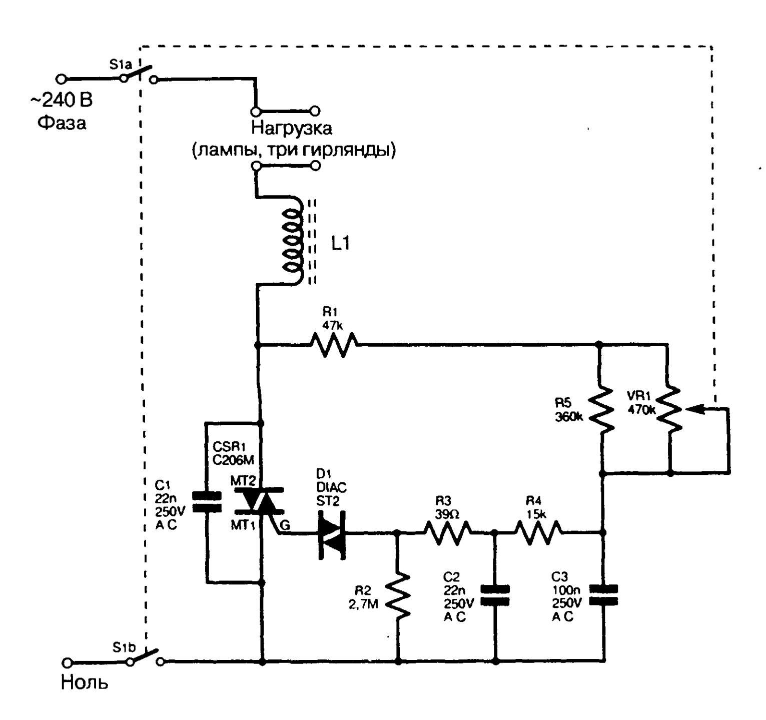
СЕНСОРНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

В предложенной схеме управления лампой накаливания используется мощный полевой МОП транзистор IRF511. Выключатель можно применять в системах с низковольтным питанием постоянного тока.



Popular Electronics **Рис. 47.2**

РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ ДЛЯ НОВОГОДНЕЙ ГИРЛЯНДЫ

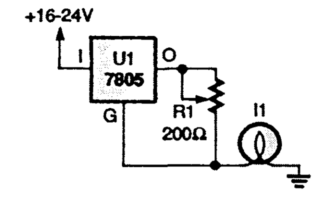


Everyday Practical Electronics **Рис. 47.3**

Схема имеет стандартное оптимизированное для указанного применения построение светорегулятора на основе симистора и симметричного динистора. Резистор R2

является необязательным элементом и введен в схему только для ускорения разряда конденсаторов. Использованные в схеме конденсаторы типа X2 рассчитаны на переменное напряжение 250 В (это очень важно!), резисторы имеют рабочее напряжение 500 В. Симистор CSR1 выбран с учетом малого тока удержания, что позволяет ему работать с малыми нагрузками. Противопомеховый дроссель L1 имеет индуктивность 5 мкГн (номинальный ток 2 А). Следует отметить, что потенциометр VR1 (с линейной зависимостью) оснащен двухполюсным выключателем питания, позволяющим полностью отключать схему от сети. Даже при подсоединении только одной гирлянды из 20 ламп (22 Вт) схема переключается очень плавно и практически без гистерезиса. Схема может быть собрана на части макетной печатной платы с проводными соединениями от точки к точке. Будьте внимательны: устройство следует размещать в полностью изолированном пластмассовом корпусе; оно не должно иметь никаких внешних элементов из металла (в том числе связанных с S1 и VR1).

СХЕМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ

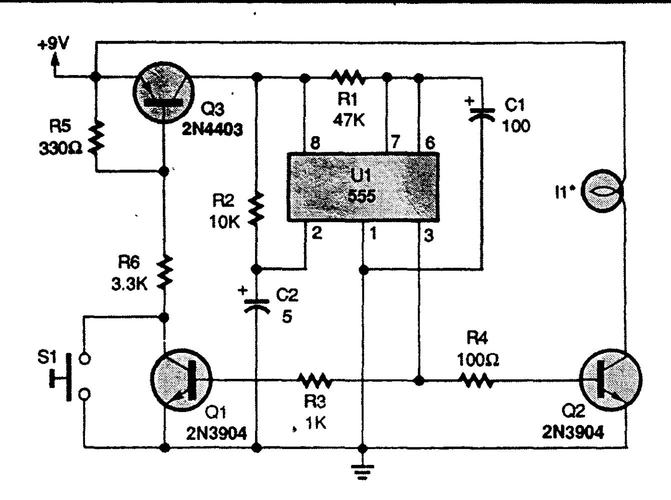


Popular Electronics **Рис. 47.4**

Предлагаемая схема продлевает срок службы лампы накаливания. Она может работать с любой лампой накаливания, рассчитанной на напряжение от 1,5 до 12 В и на ток не более 1 А. Сопротивление лампы в холодном состоянии обычно очень мало по сравнению с величиной ее сопротивлением в рабочем режиме. Всякий раз при включении по лампе протекает ток, в несколько раз превышающий ее номинальный рабочий ток. Для того чтобы подключить схему, выясните величину номинального рабочего тока лампы и, пользуясь амперметром, установите положение потенциометра R1 так, чтобы через лампу протекал номинальный ток. Теперь при каждом включении лампы начальный ток будет ограничиваться заданным значением.

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ НОЧНИКА С АВТОМАТИЧЕСКИМ ОТКЛЮЧЕНИЕМ

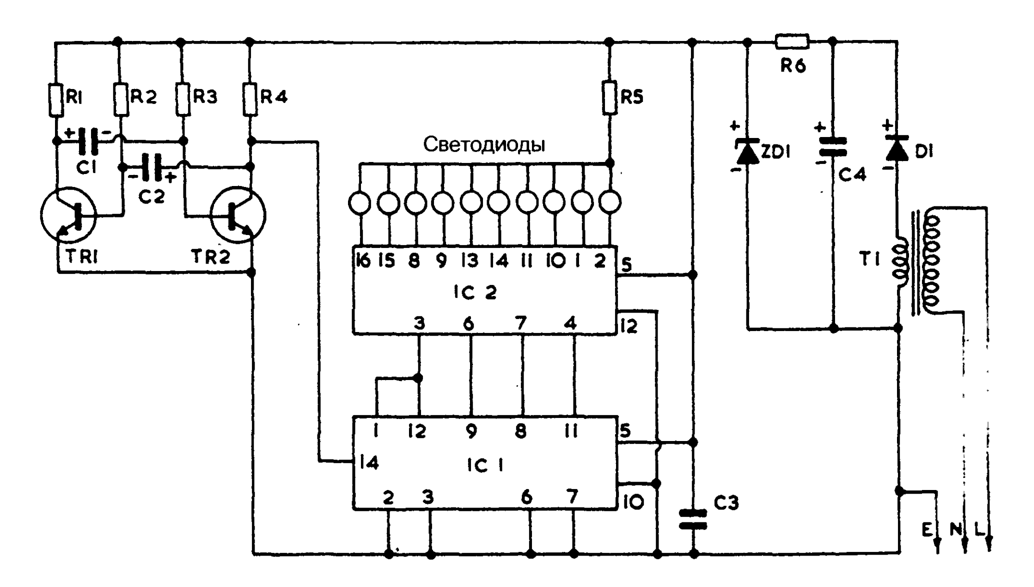
С помощью этой схемы небольшую лампу можно включать на определенный промежуток времени. Кнопка S1 запускает таймер типа 555. Таймер включает транзистор



Popular Electronics **Рис. 47.5**

Q1, который блокирует кнопку S1 и открывает транзисторный ключ Q3, подающий питание на схему таймера. Одновременно транзистор Q2 включает лампу. По окончании временного цикла транзистор Q3 закрывается и питание от схемы отключается, поэтому в режиме ожидания схема не потребляет тока.

МЕРЦАЮЩЕЕ ДЕРЕВО

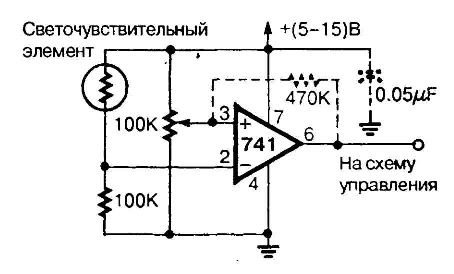


Electronic Experimenters Handbook **Рис. 47.6**

Это простая схема для начинающих. Видимый эффект: цепочка из 10 светодиодов мигает, светодиоды загораются последовательно по одному, и это продолжается до тех пор, пока включено питание. Такую цепочку можно использовать, например, для создания небольшой декорации в виде елочки или дерева, как рамку для картины и т.д.

ГЛАВА 48
СХЕМЫ, УПРАВЛЯЕМЫЕ СВЕТОМ

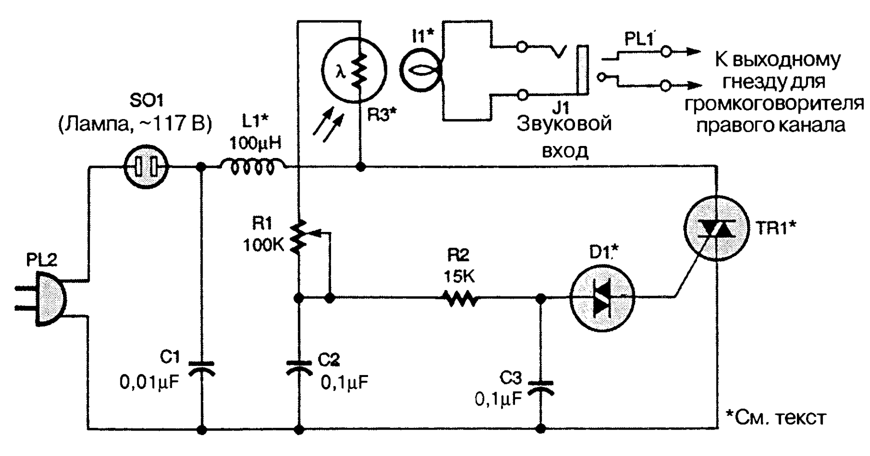
ДАТЧИК ОСВЕЩЕНИЯ С ГИСТЕРЕЗИСОМ



Electronics Now **Рис. 48.1**

Приведенная схема датчика освещения имеет склонность к самовозбуждению. Добавочный резистор 470 кОм вводит в схему гистерезис с целью предотвращения возникновения подобных паразитных колебаний. В каждом конкретном случае величина этого сопротивления может быть подобрана экспериментально.

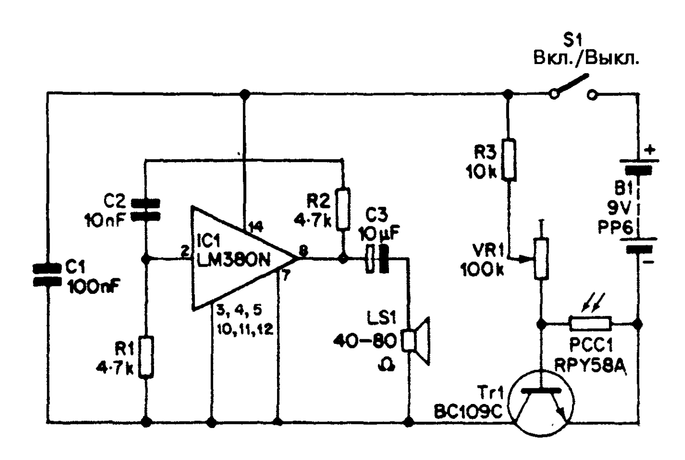
РЕГУЛЯТОР ЯРКОСТИ ЛАМПЫ, УПРАВЛЯЕМЫЙ ЗВУКОВЫМ СИГНАЛОМ



Popular Electronics **Рис. 48.2**

Схема действует следующим образом: при подаче на вход J1 звукового сигнала загорается низковольтная лампа I1, которая освещает фоторезистор R3 (темновое сопротивление 100 кОм – 1 МОм). Фоторезистор управляет схемой светорегулятора, изменяющего интенсивность света лампы, вставленной в патрон SO1. Индуктивность L1 и конденсатор C1 предназначены для подавления радиочастотных помех, связанных с работой симисторной схемы с фазовым управлением; D1 и TR1 – соответственно симметричный динистор и симистор – используются в обычных схемах регуляторов яркости ламп.

ДАТЧИК ОТСУТСТВИЯ СВЕТА

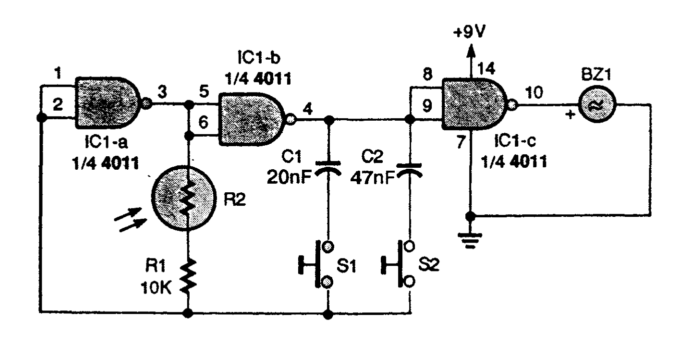


Electronic Experimenters Handbook ***Рис. 48.3***

Эта схема действует при наступлении темноты. В нормальном состоянии на фоточувствительный элемент падает свет, и поэтому он имеет малое сопротивление. В темноте его сопротивление увеличивается, и транзистор Tr1 открывается. При этом включается генератор, состоящий из микросхемы IC1 и сопутствующих элементов, и из громкоговорителя LS1 раздается звук.

«ВОЛШЕБНАЯ ПАЛОЧКА»

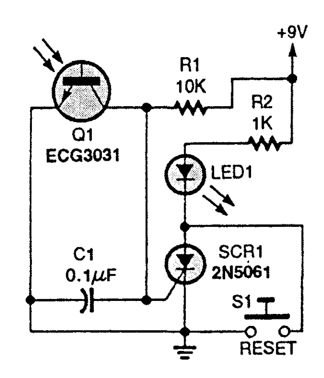
Пользоваться этим устройством очень просто: достаточно направить палочку на источник света, чтобы услышать звук. Схему звукового генератора образуют логические элементы И-НЕ (IC1-a и IC1-b) из счетверенной микросхемы IC1. Тон звучания акустического преобразователя BZ1 задается резистором R1, фоторезистором R2 и конденсаторами C1 и C2. Если направить палочку с фоторезистором на источник света, то его сопротивление уменьшается, а частота выходного



Popular Electronics **Рис. 48.4**

сигнала генератора увеличивается. При нажатии (размыкании цепи) одной из кнопок управления тоном звука (S1 или S2) частота звука повышается: например, если нажата кнопка S2, генератор работает с более высокой частотой. Следует нажимать только одну кнопку: если будут нажаты одновременно обе, то сигнал на выходе исчезнет.

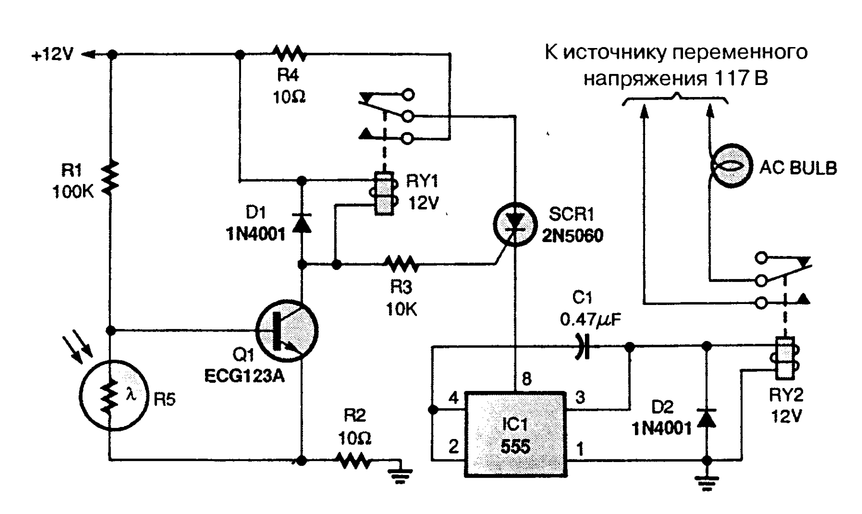
ДЕТЕКТОР ПОТЕРИ СВЕТА



Popular Electronics **Рис. 48.5**

Это устройство поможет при ограждении зоны безопасности. Пока фототранзистор Q1 освещен, он открыт, и напряжение на нем недостаточно для отпирания тиристора. Если свет прерывается, то конденсатор C1 начинает заряжаться от источника питания +9 В, что приводит к отпиранию тиристора SCR1 и включению светодиода LED1. Кнопка S1 предназначена для выключения тиристора.

ФОТОРЕЛЕ

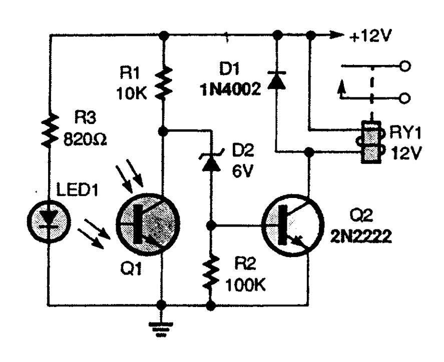


Popular Electronics **Рис. 48.6**

Этот простой автомат для включения ночного освещения можно применить и в городе, и на даче. Если на фоторезистор R5 попадает даже слабый дневной свет, то транзистор Q1 выключается, так как сопротивление между базой и эмиттером значительно меньше, чем сопротивление между базой и положительным выводом источника питания. В этом случае положительный потенциал базы мал. После захода солнца на фоторезистор R5 свет не попадает и сопротивление между базой транзистора и эмиттером возрастает – становится больше 100 кОм. Так как сопротивление между базой и положительным выводом источника питания оказывается низким, то база смещается в положительном направлении, и транзистор Q1 открывается. Реле RY1 срабатывает и подключает вывод анода тиристора SCR1 к положительному выводу источника питания. Включается микросхема таймера IC1 (типа 555) и напряжение на ее выходе повышается до 10,67 В. Этого вполне достаточно, чтобы активизировать реле RY2: оно срабатывает и удерживает лампу переменного тока включенной в течение всей ночи, снова выключая ее при восходе солнца.

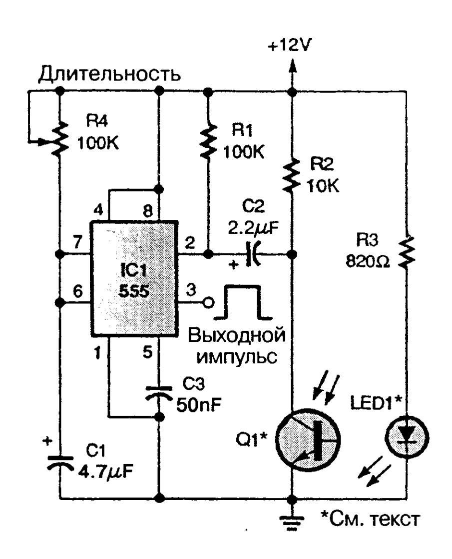
ДАТЧИК ПРЕРЫВАНИЯ СВЕТОВОГО ЛУЧА

В этой схеме контакты реле RY1 остаются разомкнутыми до тех пор, пока источник света LED1 не будет затенен, при этом напряжение на коллекторе транзистора Q1 близко к нулю. Напряжение на катоде стабилитрона D2 слишком мало, чтобы он мог открыться. Поэтому транзистор Q2 закрыт, и контакты реле RY1 разомкнуты.



Popular Electronics **Рис. 48.7**

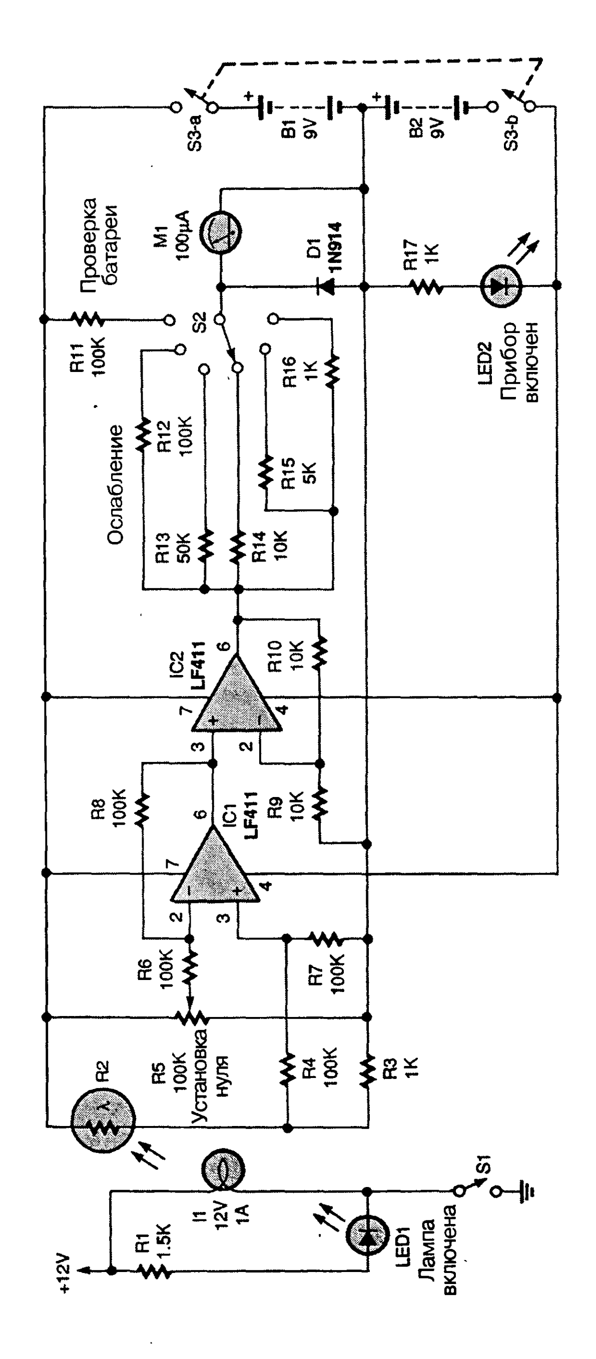
СВЕТОВОЙ ДАТЧИК СМЕЩЕНИЯ ПРЕДМЕТА



Popular Electronics **Рис. 48.8**

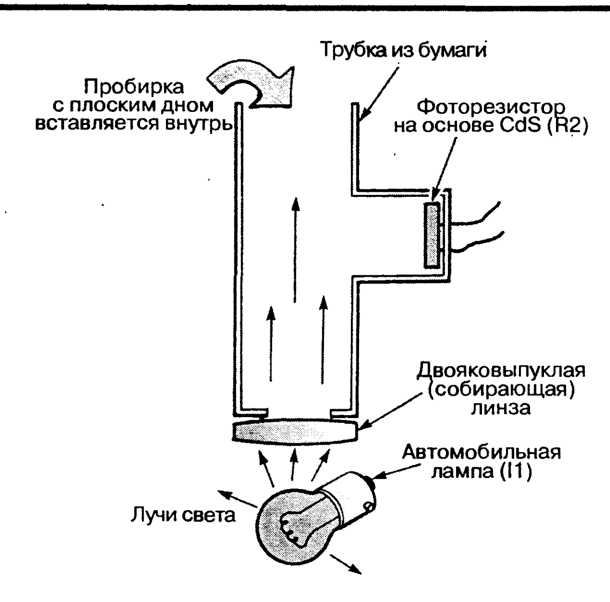
Данную схему можно использовать в качестве индикатора смещения какого-либо предмета со своего места. Принцип ее работы следующий: до тех пор, пока объект находится между светодиодом LED1 и фототранзистором Q1, сигнал на выходе 3 микросхемы IC1 отсутствует. Как только объект смещается, световой поток от светодиода попадает на фототранзистор, запускается микросхема таймера IC1 (типа 555) и вырабатывает управляющий импульс заданной длительности.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НЕФЕЛОМЕТР



Popular Electronics

Рис. 48.9 (а,

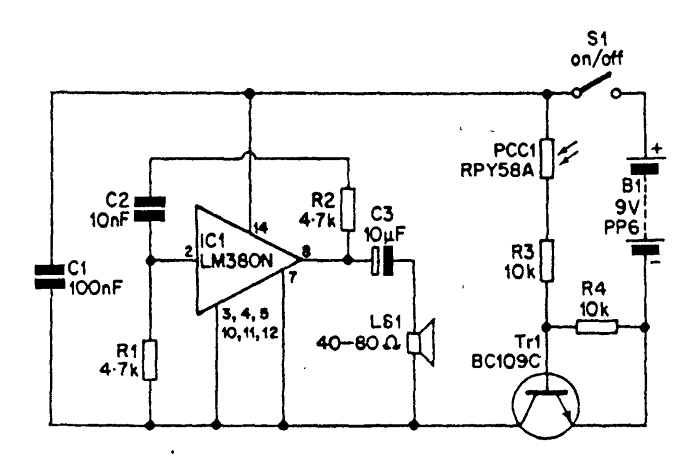


Popular Electronics

Рис. 48.9 (б)

Нефелометр (называемый также турбидиметром) – это прибор для измерения мутности растворов, например воды (рис. 48.9а). Мутность среды определяется с помощью измерения рассеяния в ней света. Такой прибор можно изготовить самостоятельно. Для этого нужно: окрасить внутреннюю поверхность цилиндрической камеры, в которой будет помещаться пробирка, матовой черной краской. Приклеить сульфид-кадмиевый фоторезистор (R2) к картонному диску, а затем укрепить этот узел на цилиндрическом открытом конце поперечной части камеры (как показано на рис. 48.9б). Затем прикрепить двояковыпуклую (то есть выпуклую с обеих сторон) линзу к основанию камеры. Включить автомобильную лампочку I1 (12 В, 1 А) и, располагая ее под линзой на различных расстояниях, найти положение, при котором луч света будет проходить прямо вверх по пробирке или будет немного сходиться (но только не расходиться), закрепить лампу. Все, прибор готов – им можно пользоваться, считывая показания с микроамперметра на 100 мкА. Поворотный переключатель S2 с набором резисторов служит для установки чувствительности прибора или для ослабления сигнала. Питание прибора осуществляется от двух батарей 9 В по схеме со средней точкой. Для питания лампы желательно использовать отдельный источник на 12 В. Если требуются калиброванные результаты измерений, то необходимо приобрести стандартные растворы с нормированной мутностью, калиброванные по системе JTU (Jackson Turbidity Units) или NTU (Nephelos Turbidity Units). При проведении измерения нужно сначала подстроить нуль прибора, установив в камеру контрольную пробирку с чистой водой, затем произвести отсчет с известным стандартным образцом. Далее, поместив пробирку с образцом в цилиндрическую камеру и исходя из положения стрелки прибора, рассчитать значение мутности для испытываемого образца.

СВЕТОВАЯ АВАРИЙНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ



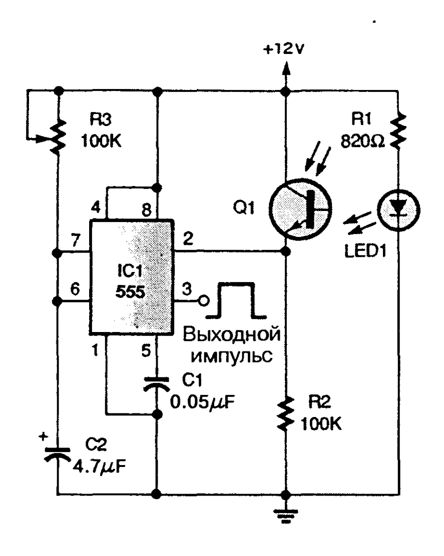
Electronic Experimenters Handbook **Рис. 48.10**

Данная схема начинает работать, когда включается транзистор Tr1 (при достижении соответствующих значений тока и напряжения базы). Это происходит при попадании света на фоторезистор PCC1. Напряжение и ток базы транзистора Tr1 определяются двумя основными факторами: сопротивлением R4 и установкой регулятора VR1 (последовательно с PCC1). При установке регулятора VR1 на максимальное значение сопротивление фоторезистора PCC1 должно составлять ~10 кОм, чтобы транзистор Tr1 мог открыться и включить звуковой генератор на микросхеме IC1. Параллельно выводам базы и эмиттера транзистора включается резистор R4, задающий чувствительность схемы. При необходимости чувствительность можно повысить, для этого сопротивление резистора нужно несколько увеличить. Когда схема сигнализации настроена на определенные условия, то переменный резистор VR1 разрешается заменить на постоянный R3. Для звуковой сигнализации применяется простой генератор звуковой частоты, собранный на микросхеме LM380N (IC1), к которому через конденсатор C3 подключен высокоомный громкоговоритель LS1. Цепь положительной обратной связи R1, R2 и C2 с выхода усилителя на вход обеспечивает поддержание незатухающих колебаний на выходе. При использованных значениях R1, R2 и C2 схема обеспечивает более сильную обратную связь, чем требуется для поддержания колебаний, поэтому схема работает в режиме сильного возбуждения, формируя сигнал прямоугольной формы на частоте порядка 1 кГц.

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Датчик можно использовать в качестве автономной схемы для управления счетчиком, клапаном, индикатором или любым другим устройством с электронным

управлением. Эта схема представляет собой ИК датчик с выходным сигналом в виде положительного импульса заданной длительности, способный работать с устаревшими и медленными контроллерами. Некоторые из таких контроллеров ранних моделей имеют время сканирования 15 мс или даже дольше. С помощью потенциометра R3 может быть установлена длительность выходного импульса датчика, которая должна превышать время сканирования контроллера. Пока ничто не загораживает источник инфракрасного света (LED1), потенциал эмиттера транзистора Q1 высокий и микросхема таймера IC1 типа 555 находится в состоянии ожидания (READY). Когда какой-либо объект заслоняет источник света, транзистор Q1 закрывается и уменьшает потенциал на входе запуска (вывод 2) микросхемы IC1, что приводит к генерации импульса заданной длительности. Длительность выходного импульса определяется сопротивлением резистора R3 и емкостью конденсатора C2, возрастая при их увеличении.

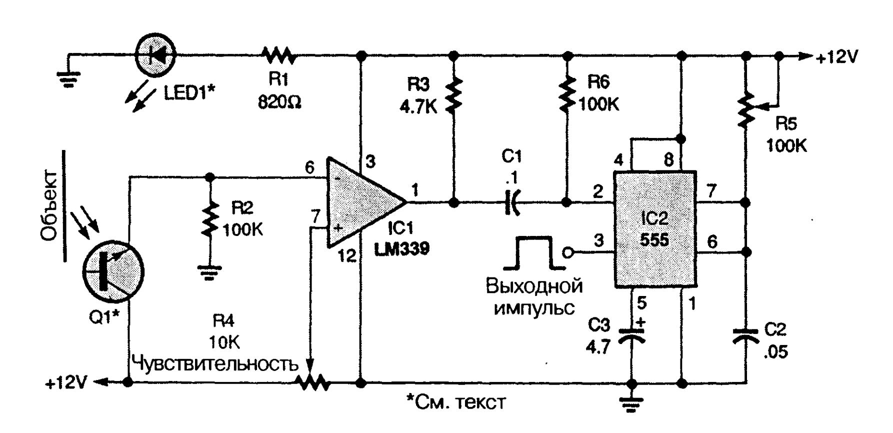


Popular Electronics **Рис. 48.11**

ОТРАЖАТЕЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК

Представленная схема ИК датчика вырабатывает выходной сигнал в случае, когда свет, излучаемый светодиодом LED1, отражается от объекта и попадает на фототранзистор Q1. При этом светодиод и фототранзистор должны быть сориентированы в одном направлении и расположены на одной линии. При отсутствии отражающего объекта фототранзистор Q1 закрыт и напряжение на входе компаратора IC1 (LM339) имеет низкий потенциал, а выходной сигнал на выходе 1 микросхемы (вывод 1) имеет высокий уровень. Когда фототранзистор принимает отраженный световой сигнал, напряжение на эмиттере транзистора Q1 повышается и на выходе компаратора устанавливается напряжение низкого уровня. Таймер

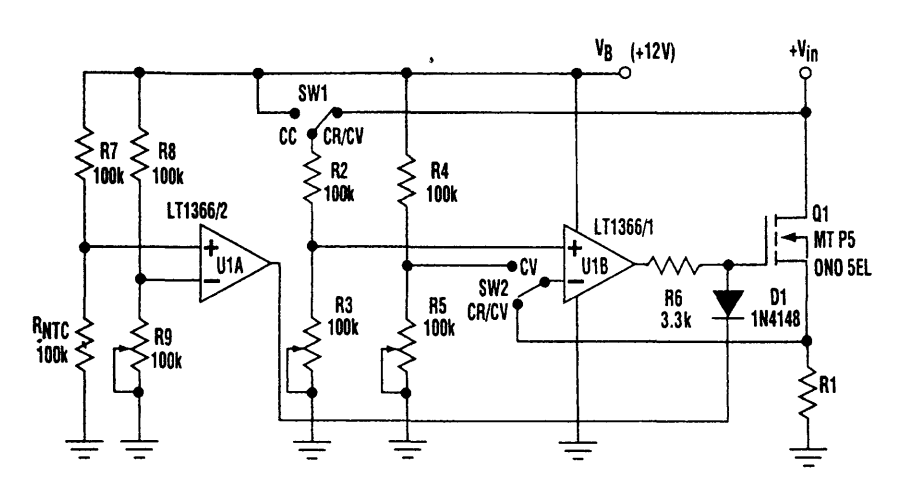
IC2 (типа 555) запускается и вырабатывает выходной импульс заданной длительности (вывод 3). Чувствительность схемы регулируется потенциометром R4, а длительность выходного импульса – потенциометром R5. Следует заметить, что в этой схеме все неиспользуемые входные и выходные выводы микросхемы LM339 должны быть присоединены к шине «земли».



Popular Electronics **Рис. 48.12**

ГЛАВА 49
СХЕМЫ НАГРУЗОК

АКТИВНЫЙ НАГРУЗОЧНЫЙ РЕЗИСТОР



Electronic Design **Рис. 49.1**

Схема, приведенная на рис. 49.1, предназначена для создания мощного активного нагрузочного резистора. Ее можно использовать в качестве нагрузки при испытаниях или при ремонте источников питания. Схема работает в трех различных режимах:

- постоянного сопротивления (режим CR);
- постоянного тока (режим CC) от источника постоянного напряжения независимо от величины этого напряжения;
- постоянного напряжения (режим CV), когда схема создает такую нагрузку на источник питания, что напряжение на его выводах поддерживается на некотором постоянном уровне, задаваемом пользователем.

Мощный полевой МОП транзистор Q1 используется в качестве резистора. Операционный усилитель U1B управляет затвором транзистора. Напряжение обратной связи, устанавливаемое переключателем SW2, подается на инвертирующий вход ОУ. В режимах постоянного тока (CC) и постоянного сопротивления (CR) напряжение обратной связи представляет собой падение напряжения на резисторе R1

в цепи истока, а в режиме постоянного напряжения (CV) пропорционально напряжению питания усилителя (V_B). На неинвертирующий вход ОУ подается опорное напряжение, источник которого можно выбрать переключателем SW1. В режимах CR и CV используется часть входного напряжения активного нагрузочного резистора (V_{IN}), а в режиме CC – часть напряжения питания усилителя (V_B). Уровень опорного напряжения с помощью делителей R2, R3 и R4, R5 регулируется до необходимого значения, которое требуется для управления усилителем. Второй операционный усилитель (U1A) используется для тепловой защиты полевого МОП транзистора. Для управления им применяется мостовая схема, состоящая из трех резисторов (R7, R8, R9) и терморезистора R_{NTC} с отрицательным температурным коэффициентом. Терморезистор находится в тепловом контакте с радиатором транзистора. При умеренных значениях температуры радиатора выходное напряжение ОУ U1A имеет высокий уровень и не влияет на затвор транзистора Q1 из-за наличия в цепи диода D1, который смещен в обратном направлении. Если температура радиатора становится слишком высокой, то выходное напряжение ОУ снижается до нуля и, благодаря диоду D1, также до нуля снижается и напряжение затвора транзистора. Для питания усилителей можно использовать само входное напряжение активного резистора. В режиме CR эта схема может работать в отсутствие напряжения питания V_B, но в режимах CC и CV наличие внешнего управляющего напряжения необходимо. В режиме CR схема эквивалентна резистору с сопротивлением, равным

$$R = R1\ (R2 + R3)\ /\ R3.$$

Требуемое значение сопротивления можно установить с помощью потенциометра R3.

В режиме CC схема пропускает через себя ток:

$$I = R3\ V_B / [(R2 + R3)\ R1].$$

Величина тока также регулируется потенциометром R3.

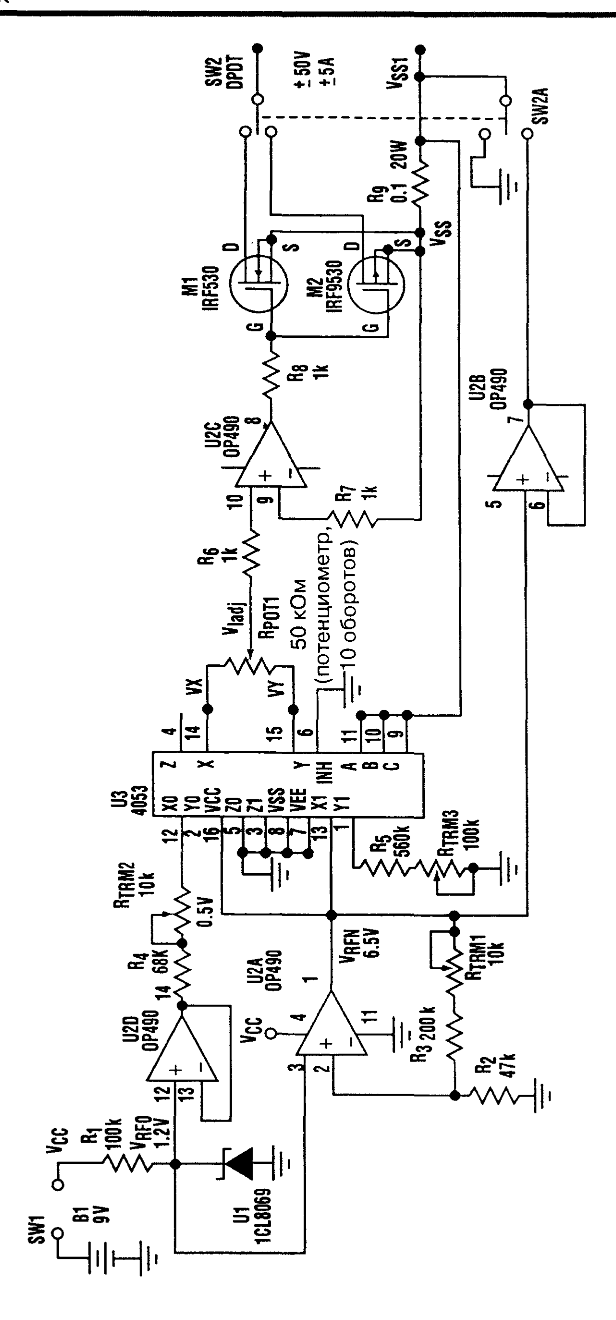
В режиме CV устанавливается следующее напряжение на выводах активного резистора:

$$V = [(R2 + R3)\ /\ R3]\ [R5\ /\ (R4 + R5)]\ V_B.$$

Величина этого постоянного напряжения регулируется потенциометрами R3 и R5.

ДВУНАПРАВЛЕННАЯ АКТИВНАЯ НАГРУЗКА

Схема, приведенная на рис. 49.2, действует от одной батареи напряжением +9 В и представляет собой двунаправленную активную нагрузку, которая может работать с обеими полярностями напряжений и токов. Это устройство с малым потреблением энергии: всего лишь 140 мкА. Используемые в схеме мощные полевые МОП транзисторы (IRF530 с каналом n-типа и IRF9530 с каналом p-типа) с учетом обеспечения надежной работы способны выдерживать максимальное напряжение до ±50 В при токе до ±5 А. Полярность подачи напряжения на активную нагрузку определяется переключателем SW2: в одном положении устройство работает в режиме положительных напряжений, а в другом – отрицательных.

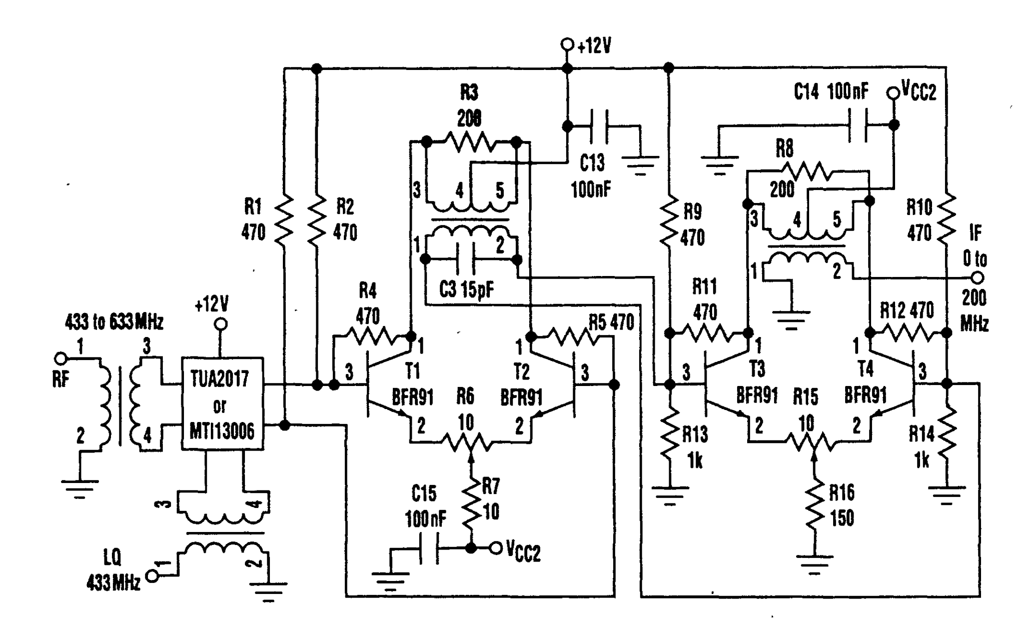


Electronic Design

Рис. 49.2

Примечание. *Транзисторы М1 и М2 должны быть установлены на соответствующие радиаторы. Все резисторы имеют допустимую мощность рассеяния 0,25 Вт и допуск 5%, если нет других указаний.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ НАГРУЗКИ СМЕСИТЕЛЯ



Electronic Design **Рис. 49.3**

В данной схеме в качестве нагрузки смесителя TUA2017 или MTI13006 (производства фирмы Siemens Co.) применяются два каскада дифференциальных усилителей. Частота гетеродина (LO) принята равной 433 МГц, поскольку в этом случае в качестве гетеродина можно использовать имеющийся в продаже генератор на частоту 433 МГц. При изменении (качании) частоты РЧ сигнала в интервале 433–633 МГц промежуточная частота будет изменяться от 0 до 200 МГц. Такая комбинация смесителя и дифференциальных усилителей обладает намного лучшими характеристиками по сравнению со случаем пассивной нагрузки смесителя. Относительная амплитуда гармоник (то есть различие амплитуд составляющих на основной частоте и на частоте наибольшей гармоники сигнала искажения) в типичном случае составляет не менее 50 дБ, а в случае пассивной нагрузки смесителя – только 30 дБ или даже меньше. Резисторы R4, R5, R11 и R12 используются для создания параллельной обратной связи, чтобы получить равномерную амплитудную характеристику выходного сигнала при качании частоты РЧ сигнала. Изменения амплитуды сигнала по диапазону ПЧ (0–200 МГц) не превышают 0,5 дБ.

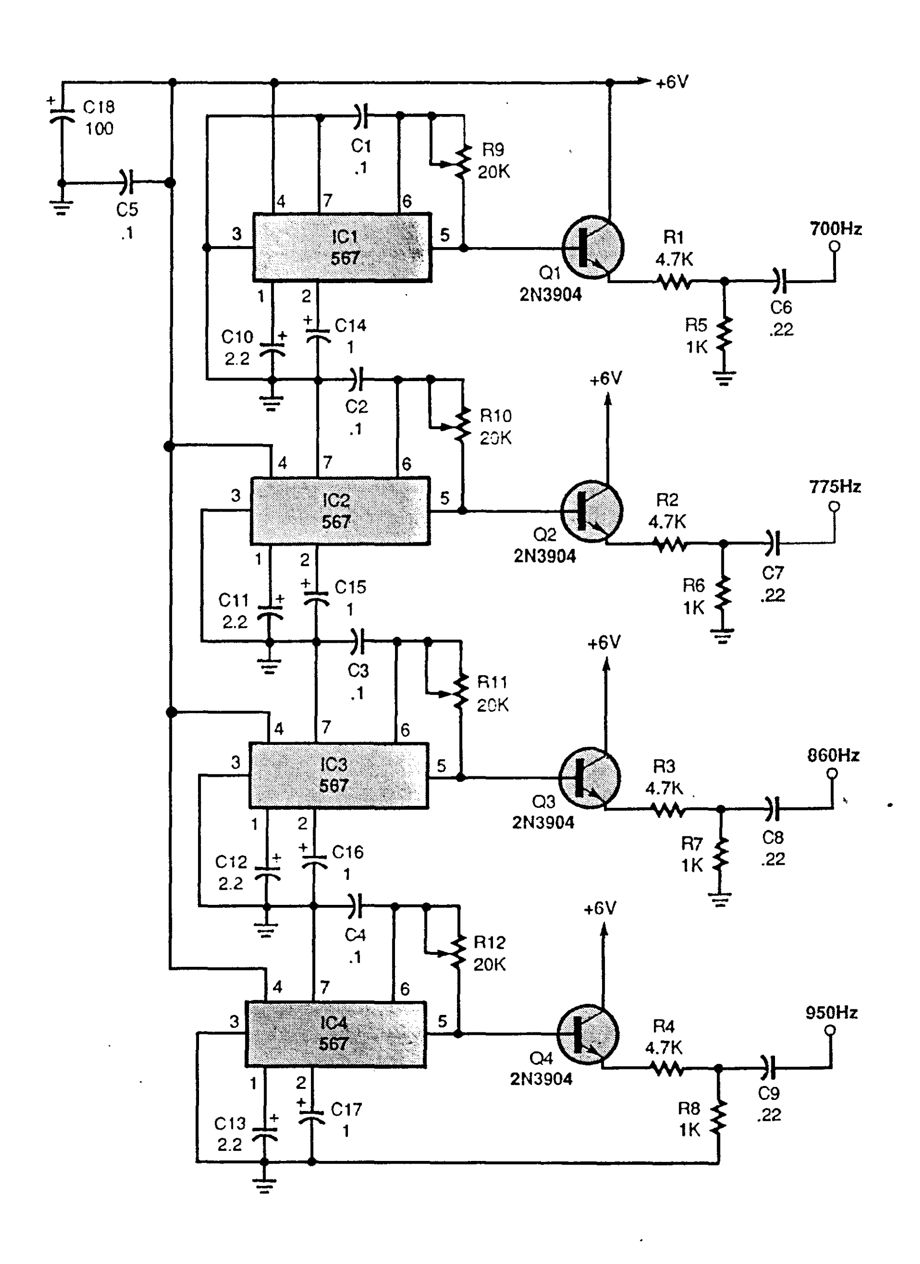
ГЛАВА 50
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ КАБЕЛЕЙ

ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ ПРОВЕРКИ КАБЕЛЕЙ

В передатчике (рис. 50.1) четыре микросхемы декодеров тона IC1 – IC4 типа 567 используются для генерирования сигналов четырех различных звуковых частот в диапазоне 700–950 Гц. Для каждого из генераторов частота колебаний задается емкостью конденсатора (между выводом 6 каждой микросхемы и общим проводом схемы) и сопротивлением резистора (между выводами 5 и 6). Для развязки между микросхемами и выходной нагрузкой генераторов включен «передатчик» в виде эмиттерного повторителя на транзисторе типа 2N3904. Каждый выход выдает свой, отличающийся от других, звуковой тон на один из четырех проводов кабеля.

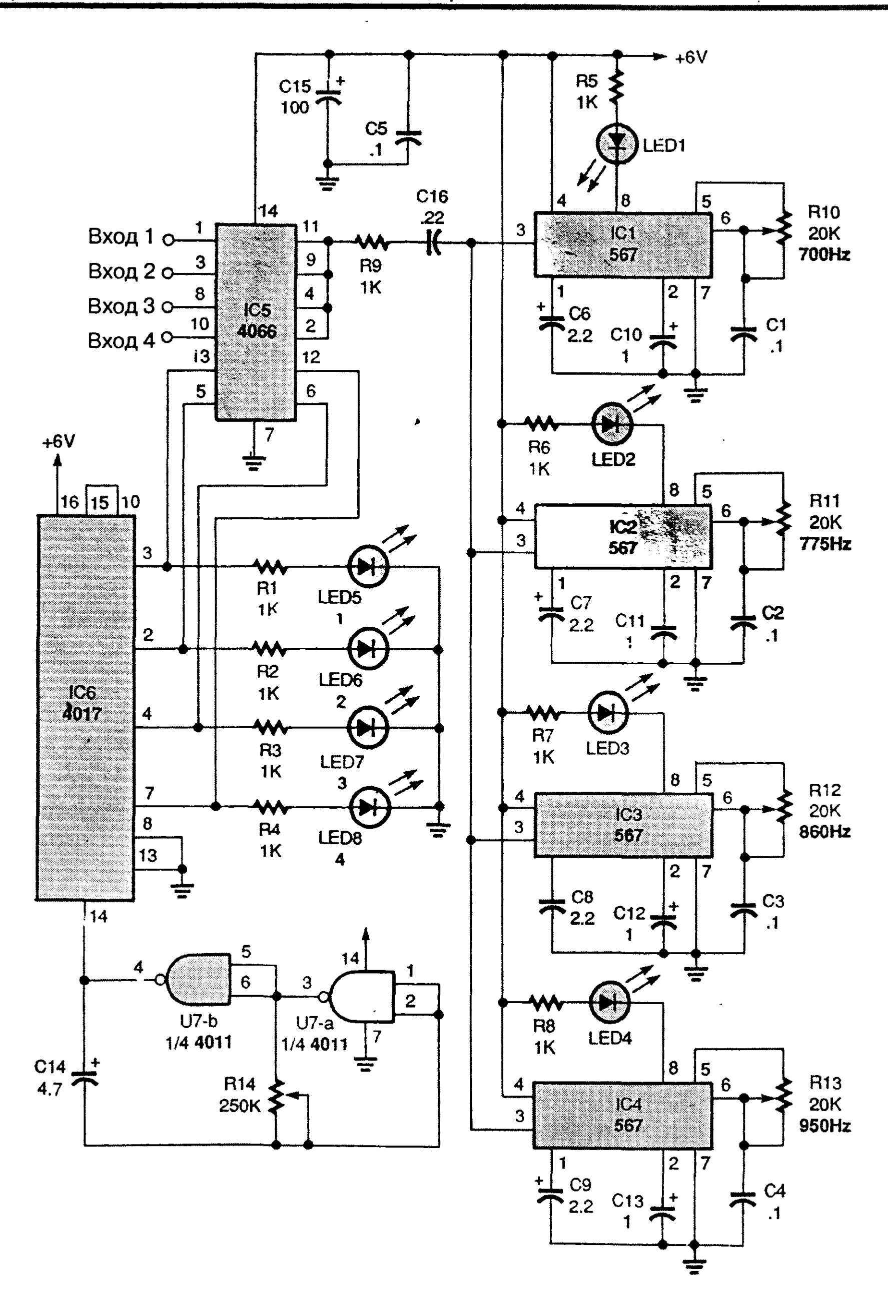
ПРИЕМНИК ДЛЯ ПРОВЕРКИ КАБЕЛЕЙ

На приведенной схеме (рис. 50.2) четыре входных сигнала подаются на четыре входа микросхемы счетверенного симметричного ключа (IC5). Выходные контакты этих ключей соединены и подключены через резистор R9 и конденсатор C16 к входам декодеров типа 567. На четыре входа управления ключей подаются управляющие сигналы от микросхемы IC6 – десятичного счетчика типа 4017. На вход счетчика поступает сигнал от низкочастотного генератора, собранного на логических элементах 2И-НЕ. К четырем выходам микросхемы IC6 подключены четыре светодиода (LED5 – LED8), которые показывают какой из входных сигналов проверяется в данный момент. Например, когда загорается светодиод LED5, к входам четырех декодеров подключен первый входной сигнал (вход 1). Тот декодер, который откликается на входной сигнал светящимся светодиодом, показывает, какой из возможных сигналов (700, 775, 860 или 950 Гц) подключен к данному входу. Потенциометр R14 предназначен для задания частоты переключения входов, которая должна быть достаточно низкой для того, чтобы успеть записать результаты проверки.



Popular Electronics **Рис. 50.1**

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

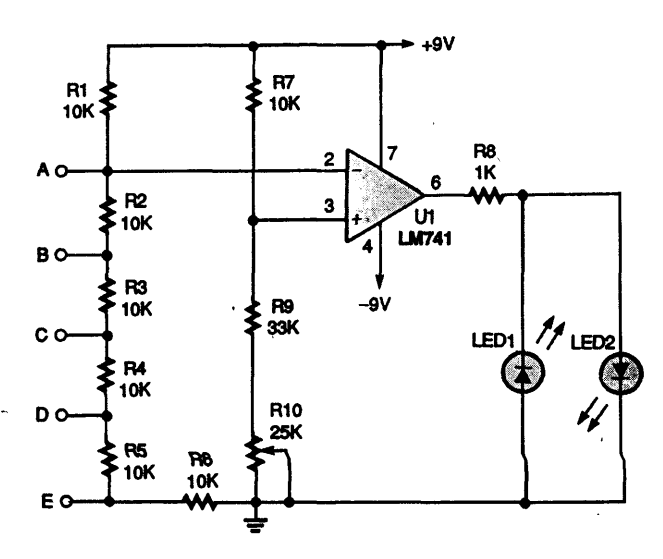


Popular Electronics

Рис. 50.2

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЗАМЫКАНИЯ В КАБЕЛЕ

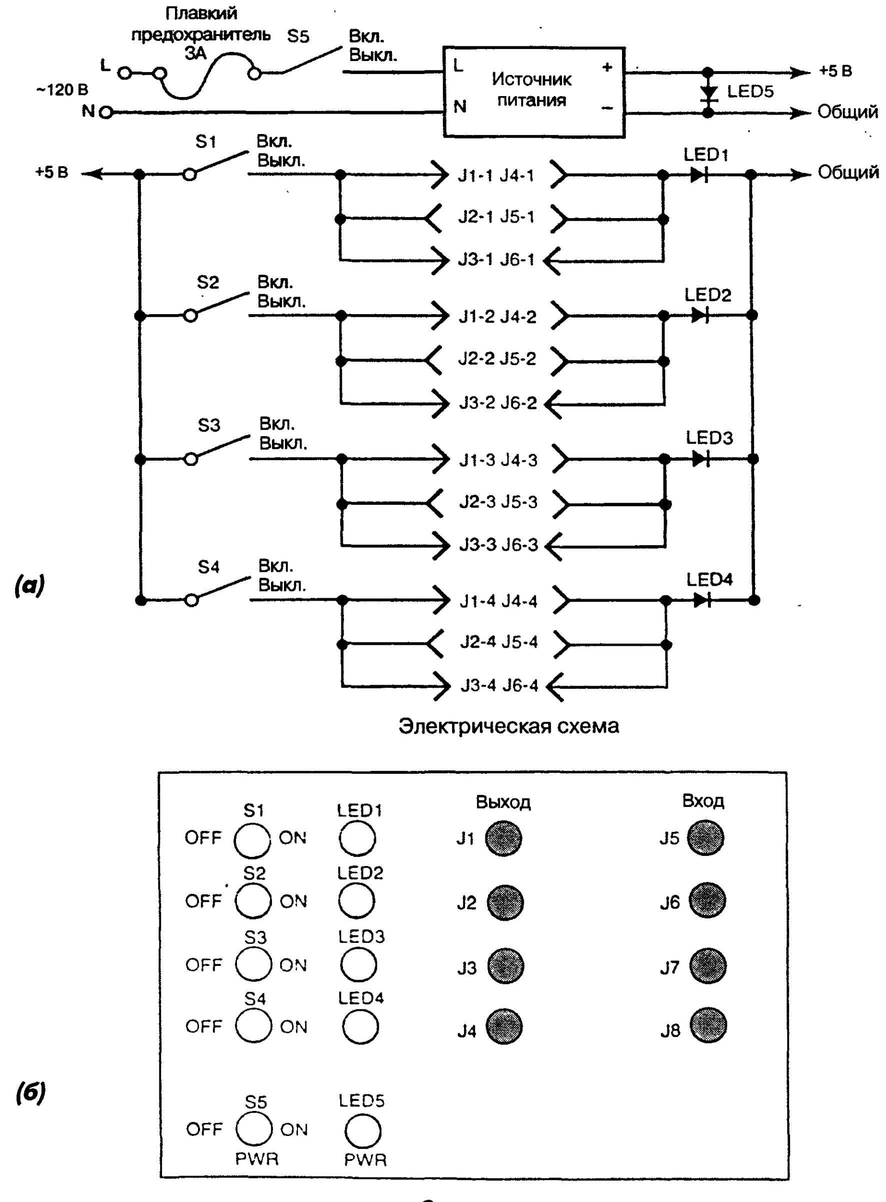


Popular Electronics **Рис. 50.3**

Данную пятивходовую схему детектора замыканий в кабеле можно использовать для проверки наличия замыканий между любыми из жил (с числом жил от двух до пяти) длинных отрезков кабеля. Микросхема операционного усилителя U1 типа LM741 включена в режиме компаратора. Ее инвертирующий вход (вывод 2) подключен к источнику питания +9 В и последовательно соединен с цепочкой из шести резисторов, а неинвертирующий вход (вывод 3) операционного усилителя – с регулируемым делителем напряжения. Перед использованием схемы потенциометр R10 следует установить таким образом, чтобы напряжение на выводе 3 было немного ниже, чем на выводе 2. При этом напряжение на выходе будет отрицательным, и светодиод LED1 будет светиться. Такую настройку необходимо делать медленно, добиваясь того, чтобы светодиод LED1 начал светиться, а затем подсоединить жилы кабеля к выводам A–E. Если произойдет закорачивание любого из резисторов R2 – R6, вывод 2 станет отрицательным по отношению к выводу 3. Это приведет к тому, что на выходе операционного усилителя возникнет положительное напряжение и светодиод LED2 начнет светиться, указывая на замыкание в кабеле.

ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МНОГОЖИЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ НА ЗАМЫКАНИЕ И НА ОБРЫВ

Частая проверка многожильных кабелей, заделанных в многоконтактные соединители, на отсутствие обрывов и замыканий для всех возможных комбинаций проводников – задача весьма сложная, если вообще реально выполнимая. Показанная

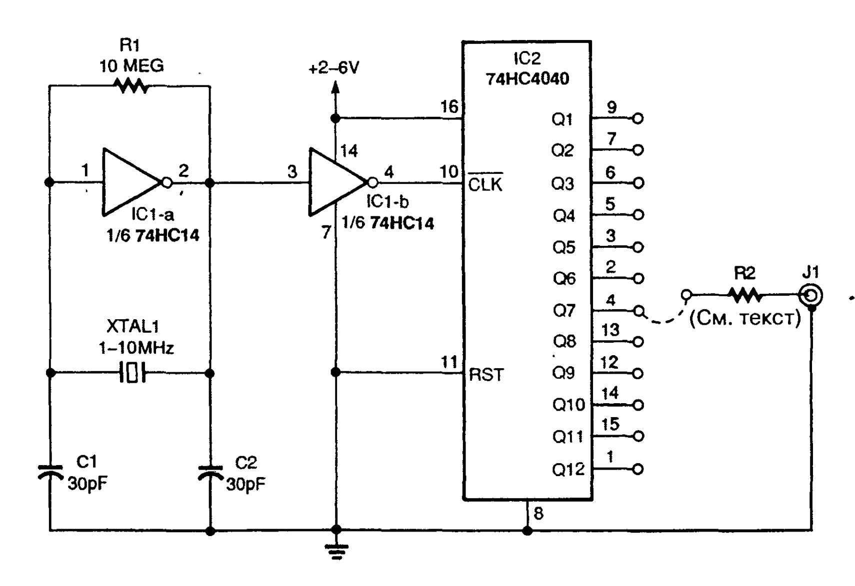


NASA Tech Briefs **Рис. 50.4**

на рисунке недорогая схема упрощает эту задачу. В процессе работы выбирается пара разъемов прибора, соответствующая паре разъемов, имеющихся на концах кабеля, подлежащего тестированию. Для каждой жилы кабеля (в том числе и для

кабеля с наибольшим числом жил) предусматривается отдельный однополюсный переключатель на одно положение. К аноду светодиода подсоединяется параллельно по одному проводу от каждого из выходных разъемов. При этом для каждой жилы кабеля с наибольшим числом жил требуется по одному светодиоду. Катоды светодиодов соединены вместе и подключены к общему выводу источника питания с напряжением 5 В. В начале тестирования все светодиоды должны быть выключены. Сначала тумблером S5 включают питание и убеждаются в том, что начал светиться светодиод LED5, затем поочередно включают все тумблеры от S1 до S4. При этом каждый раз должен светиться только один светодиод, соответствующий включенному тумблеру. Если какой-либо светодиод не зажигается, значит, произошел обрыв соответствующей жилы кабеля. О коротком замыкании в кабеле должно свидетельствовать свечение какого-либо другого светодиода. В схеме использованы светодиоды со встроенными резисторами.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ НАЛИЧИЯ ОТРАЖЕНИЙ В КАБЕЛЕ

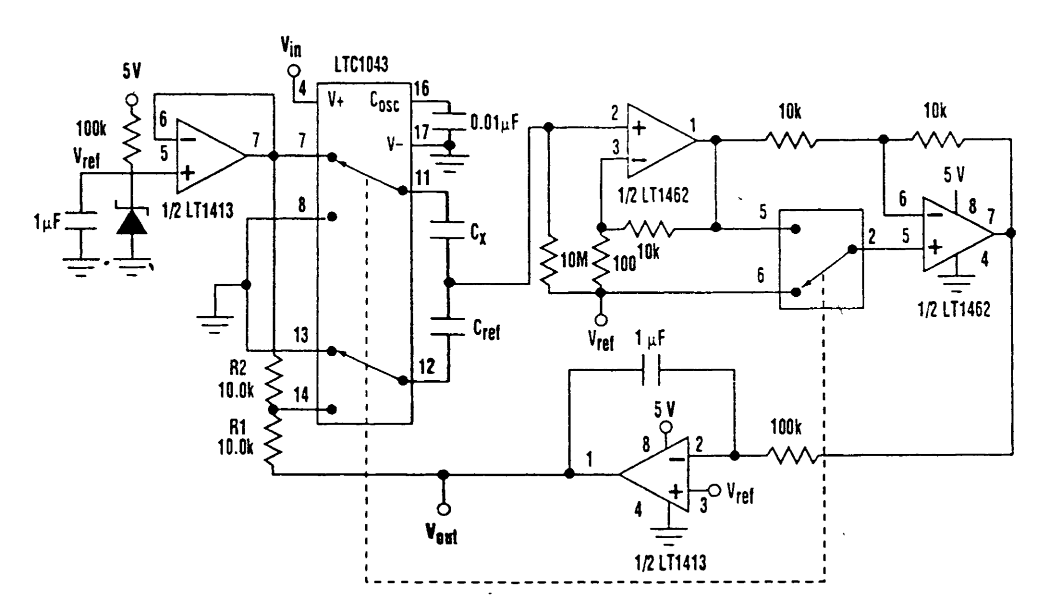


Electronics Now **Рис. 50.5**

Устройство представляет собой генератор прямоугольных импульсов и делитель частоты. Генератор прямоугольных импульсов вырабатывает сигнал, подаваемый на кабель через резистор R2 с сопротивлением, равным волновому сопротивлению кабеля. Любые отражения сигнала, вызванные рассогласованием, будут видны на экране осциллографа, подключенного к разъему J1. Микросхема IC2 осуществляет деление частоты для получения различных значений частоты следования импульсов, которые требуются при тестировании длинных и коротких кабелей.

ГЛАВА 51
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ ЕМКОСТИ

МОСТОВАЯ СХЕМА С ВЫСОКИМ РАЗРЕШЕНИЕМ



Electronic Design **_Рис. 51.1_**

В данной схеме для получения хороших шумовых характеристик измерительный сигнал с диагонали моста усиливается операционным усилителем (LT1462), имеющим на входе полевой транзистор с pn-переходом, а для повышения чувствительности схемы выходной сигнал интегратора ослабляется делителем R1 и R2.

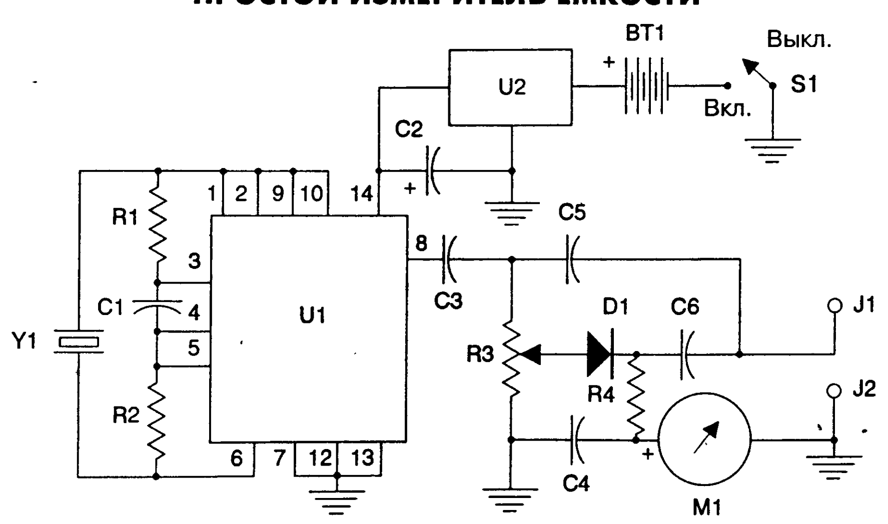
Если $\Delta C_X << C_X$ и $C_{REF} \approx C_X$,

то $V_{OUT} - V_{REF} \approx V_{REF}\ (\Delta C_X / C_{REF})\ [(R1 + R2) / R2]$.

Если C_{REF} = 50 пФ, то коэффициент преобразования схемы равен 5 В/пФ, и она способна чувствовать изменение в 2 фФ (10^{-15} Ф). Потребляемый схемой ток равен 1 мА. Благодаря использованию синхронного детектора, схема нечувствительна к внешним шумам, поэтому отсутствует острая необходимость

в ее экранировании. Однако для достижения высокого разрешения и хорошей стабильности следует принять меры по экранированию измеряемых конденсаторов. Схемы мостового типа особенно хорошо приспособлены для дифференциальных измерений. Если заменить конденсаторы C_X и C_{REF} двумя конденсаторами-датчиками, такая схема будет воспринимать только относительное изменение емкости (то есть разность емкостей этих двух конденсаторов). Для схемы, показанной на рис. 51.1, коэффициент ослабления синфазного сигнала превышает 70 дБ, однако в данном случае линейность выходного сигнала сохраняется только при малых относительных изменениях емкости.

ПРОСТОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЕМКОСТИ



73 Amateur Radio Today **Рис. 51.2**

Примечание.

Перечень элементов к схеме:

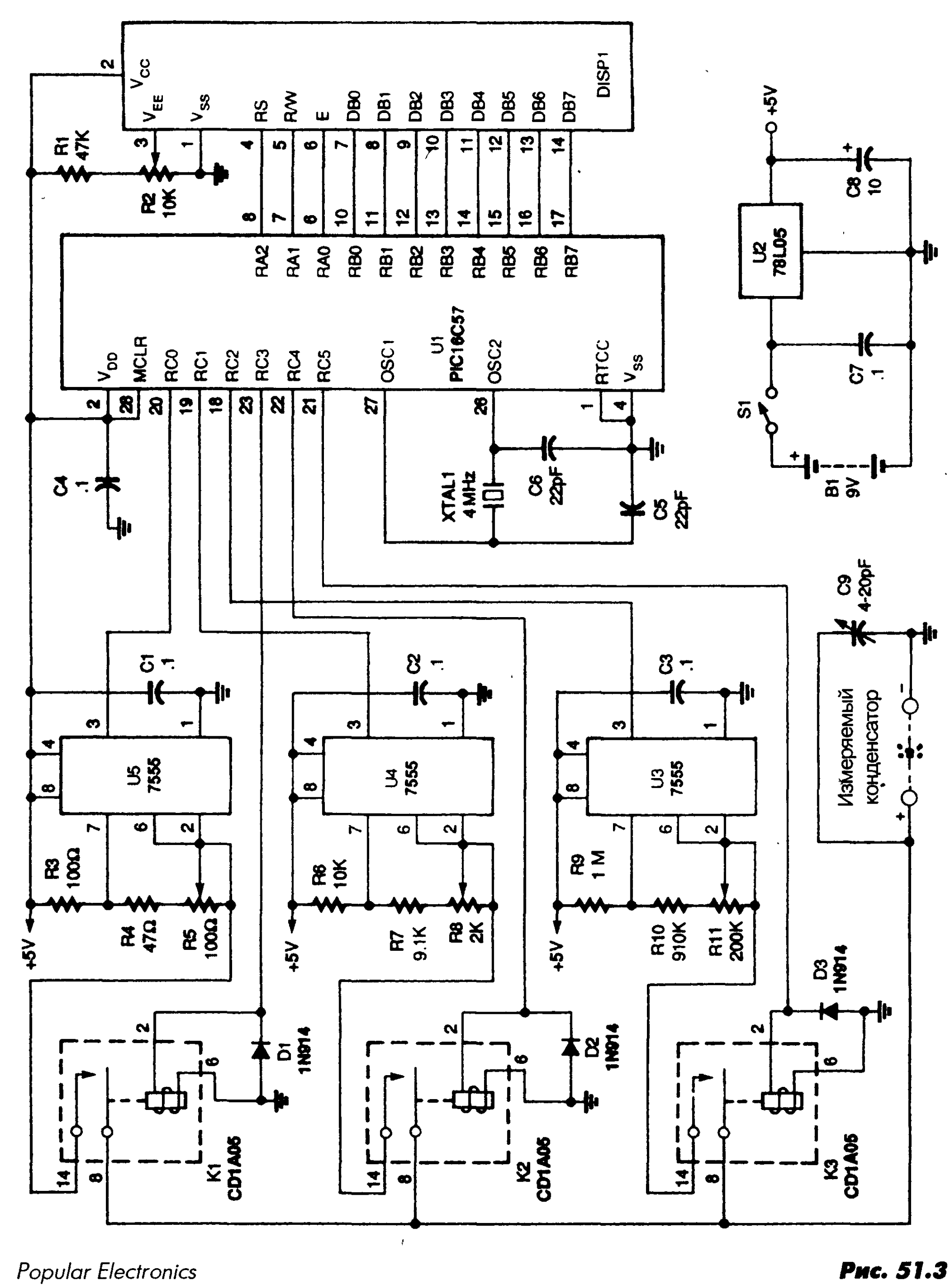
BT1	*Алкалиновая батарея напряжением 9 В*
C1, C3, C4, C6	*Дисковые керамические конденсаторы, 0,01 мкФ*
C2	*Электролитический конденсатор, 10 мкФ, 16 В*
C5	*Конденсатор 220 пФ с диэлектриком из полистирола, майлара или из слюды*
D1	*Германиевый диод типа 1N34, 1N60, 1N90 или 1N270*
J1,J2	*Входные клеммы*
M1	*Стрелочный измерительный прибор со шкалой на 100–300 мкА*
R1, R2	*Резисторы 560 Ом, 0,25 Вт, 5%*
R3	*Непроволочный потенциометр, 200–300 Ом*
R4	*Резистор 1 кОм, 0,25 Вт, 5%*

S1	*Однополюсный тумблер или движковый переключатель на одно направление*
U1	*74LS00*
U2	*78L05*
Y1	*Кварцевый резонатор на частоту 3,57955 МГц*

На рисунке представлена схема простого измерителя емкости. Логическая микросхема U1 (типа 74LS00), два резистора, конденсатор и кварцевый резонатор образуют схему кварцевого генератора, работающего на частоте, близкой к его номинальной. Напряжение высокой частоты снимается с вывода 8 микросхемы через разделительный конденсатор C3 и подается на модифицированную схему моста Уитстона. Два плеча этого моста образует потенциометр R3, причем соотношение плеч можно изменять, перемещая движок потенциометра. Два других плеча моста образуют конденсатор C5 (конденсатор повышенной стабильности, как обозначено в перечне деталей) и неизвестный конденсатор C_X, подлежащий измерению. С помощью потенциометра R3 мост уравновешивается, что фиксируется по минимальному показанию микроамперметра M1, и затем определяется значение емкости измеряемого конденсатора по калиброванной шкале, связанной с потенциометром R3. В качестве источника питания прибора использована батарея BT1 напряжением 9 В, которая подсоединяется через выключатель S1. С помощью микросхемы U2 это напряжение стабилизируется и уменьшается до напряжения 5 В, необходимого для питания микросхемы U1.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЕМКОСТИ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ ПРЕДЕЛА ИЗМЕРЕНИЯ

На рисунке показана схема измерителя емкости. При замыкании выключателя S1 напряжение питания 9 В от батареи B1 поступает на источник с выходным напряжением 5 В, предназначенным для питания остальной части схемы. Этот источник представляет собой стабилизатор напряжения U2 типа 78L05 и конденсаторы C7 и C8. В связи с малым потреблением тока батарея питания с напряжением 9 В способна обеспечить функционирование устройства в течение почти 40,5 ч. Основным элементом схемы является микросхема U1 типа PIC16C57, во внутренней памяти которой записывается программа работы измерителя. Схема использует один из трех КМОП таймеров типа 7555 (U3, U4 и U5) для генерирования последовательности импульсов. Микроконтроллер U1 включает одно из реле для подсоединения конденсатора к соответствующему таймеру. Схемы таймеров отличаются значениями применяемых сопротивлений во времязадающих цепях. Однако во всех этих схемах оба сопротивления времязадающей цепи примерно равны, а нижнее образовано последовательным соединением постоянного резистора и подстроечного потенциометра. Такая регулируемая комбинация резисторов предназначена для калибровки прибора. Схема с высокими значениями сопротивлений (1 МОм) является основной и используется для измерения конденсаторов малой емкости; схема со средними значениями сопротивлений



Popular Electronics

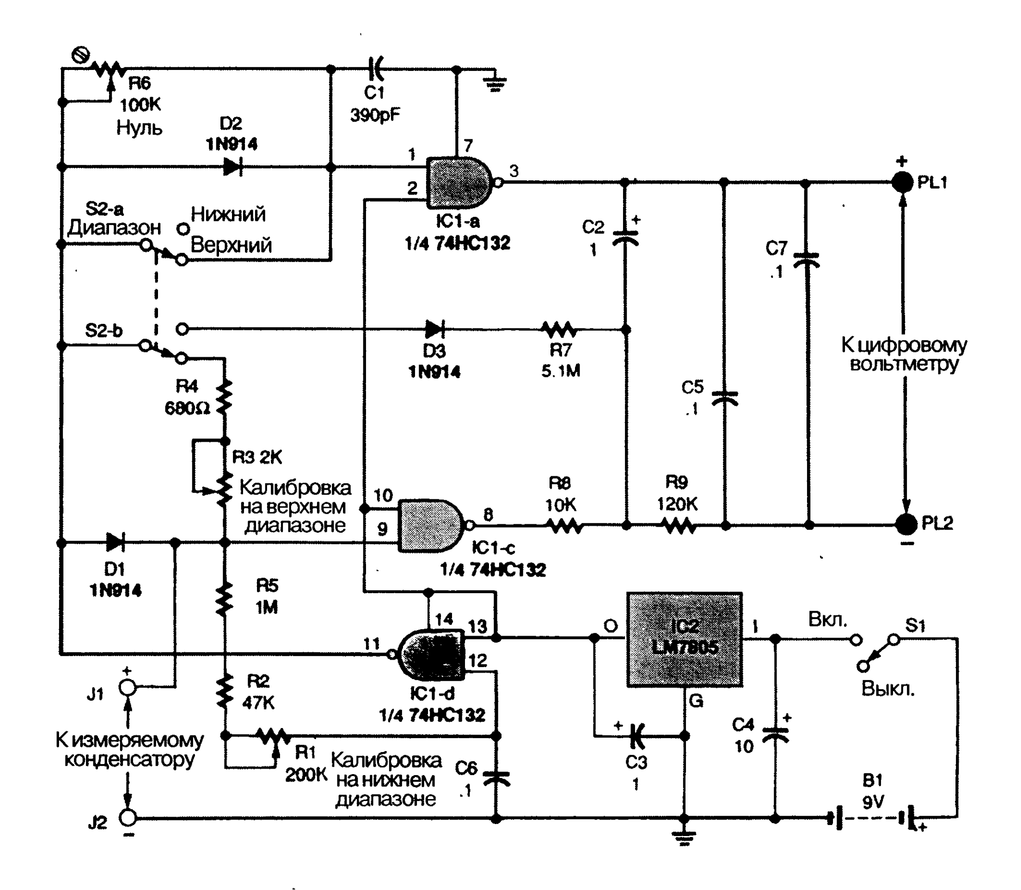
Рис. 51.3

Примечание. *Емкости конденсаторов, кроме C5, C6, C9, приведены в микрофарадах (мкФ).*

(10 кОм) – для конденсаторов средней емкости; низкоомная схема (100 Ом) – для конденсаторов большой емкости. При подключении измеряемого конденсатора к измерителю емкости (через соответствующий таймер) микроконтроллер определяет частоту колебаний. Кварцевый резонатор XTAL1 с номинальной частотой 4 МГц стабилизирует внутреннюю тактовую частоту микроконтроллера (1 МГц). Поэтому микроконтроллер может определить число импульсов, поступивших от соответствующей схемы таймера в течение известного промежутка времени. Затем он пересчитывает полученное значение частоты в емкость, пользуясь 32-разрядной арифметикой с плавающей запятой, и выводит результат на 16-разрядный жидкокристаллический индикатор (DISP1) в единицах емкости и с десятичной точкой в соответствующей позиции. Конденсатор C9 подключен параллельно измеряемому конденсатору для облегчения окончательной калибровки прибора и повышения стабильности. Диоды D1, D2 и D3 предназначены для защиты микропроцессора от обратных выбросов напряжения на катушках реле. Прежде чем использовать микропроцессор типа PIC (программируемый контроллер интерфейса) в измерителе, его следует запрограммировать. При наличии необходимого для этого оборудования соответствующее программное обеспечение можно получить на узле Gernsback BBS (516-293-2238).

АДАПТЕР К ЦИФРОВОМУ ВОЛЬТМЕТРУ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ

На рисунке показана схема адаптера для измерения емкости. Когда переключатель S1 находится во включенном положении, напряжение питания 5 В подается на схему адаптера от регулятора напряжения LM7805 (IC2). Переключателем S2 выбирается диапазон измерения емкостей: от 0 до 2200 пФ в нижнем диапазоне и от 0 до 2,2 мкФ – в верхнем. Выходной сигнал адаптера составляет 1 мВ/пФ в нижнем диапазоне измерений и 1 В/мкФ – в верхнем. Эти напряжения отображаются на цифровом вольтметре и должны считываться как значения емкости. Логический элемент IC1-d включен по схеме генератора, частота колебаний которого задается потенциометром R1. На выходе генератора (вывод 11) вырабатывается сигнал прямоугольной формы, который подается на два других логических элемента, выполняющих функции инверторов (IC1-a, IC1-c). Измеряемый конденсатор (C_X) подключается к клеммам J1 и J2. Следует отметить, что если конденсатор полярный, то его положительный вывод должен быть подключен к клемме J1. Измеряемый конденсатор заряжается через диод D1 во время положительных полупериодов и разряжается при работе в нижнем диапазоне через резистор R5 во время отрицательных полупериодов или через R3, R4 и R5 при работе в верхнем диапазоне измерений. В последнем случае прямоугольный сигнал от IC1-d подается сразу на входы двух других логических элементов. В отсутствие конденсатора, подключенного к клеммам J1 и J2, выходные сигналы элементов IC1-a и IC1-c являются одинаковыми инвертированными копиями входного сигнала. В этом случае среднее выходное напряжение на выходах логических элементов (выводы 3 и 8) равно нулю. Когда конденсатор C_X подключен, то в соответствии с его емкостью напряжение на входе IC1-c (вывод 9)



Popular Electronics **Рис. 51.4**

Примечание. *Емкости конденсаторов, кроме С1, приведены в микрофарадах (мкФ).*

будет оставаться на повышенном уровне дольше, чем напряжение на входе IC1-a (вывод 2). Последовательности импульсов на выходах инверторов IC1-a и IC1-c фильтруются и сглаживаются с помощью резисторов R8, R9 и конденсаторов С2, С5. Усредненное постоянное напряжение, возникающее на выходных клеммах, пропорционально емкости C_X. Для нижнего диапазона измерений схема несколько видоизменяется в связи с необходимостью компенсации паразитной емкости. В этом случае выходной сигнал элемента IC1-d подается на вывод 1 элемента IC1-a через диод D2, который заряжает конденсатор С1. Заряд конденсатора С1 происходит быстро, а разряд медленно – через потенциометр R6. Благодаря заряду конденсатора С1, вход логического элемента IC1-a на высоком уровне удерживается несколько дольше, чем это было бы в отсутствие такого заряда. Следовательно, инвертированный выходной сигнал будет находиться на низком уровне также немного дольше, а на

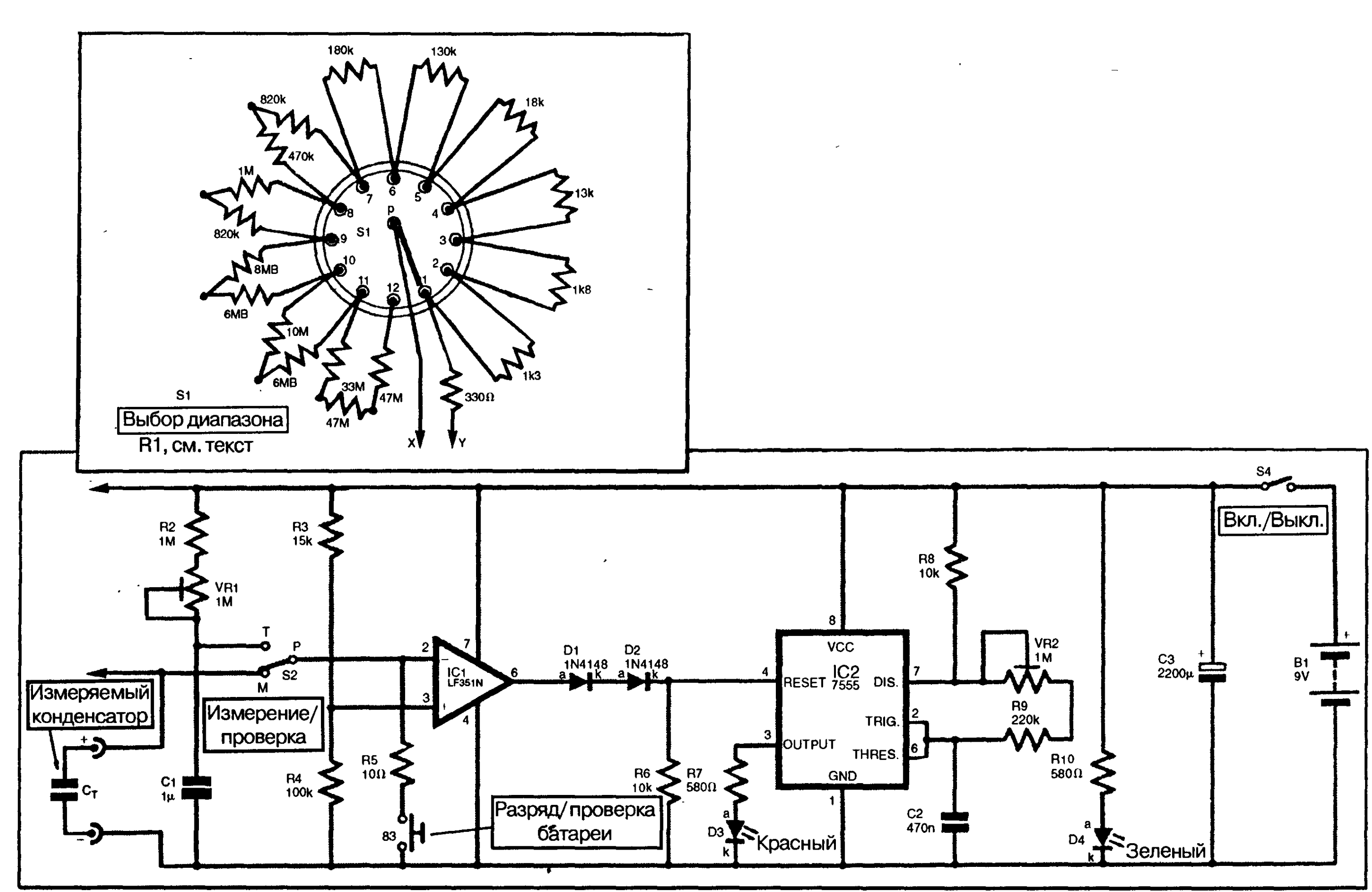
высоком уровне, наоборот, несколько меньше. Паразитная емкость, имеющаяся между входными клеммами J1 и J2, оказывает аналогичное влияние на логический элемент IC1-с, удерживая его вход на высоком уровне дольше, чем было бы в случае отсутствия такой емкости. Потенциометр R6 настраивается так, чтобы время разряда конденсатора C1 соответствовало времени разряда паразитной емкости и компенсировало его. При работе в нижнем диапазоне измерений к отрицательной выходной клемме через диод D3 и резисторы R7 и R8 подводится напряжение смещения, чтобы обеспечить надежное срабатывание логических элементов.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ КОНДЕНСАТОРОВ

Таблица 51.5

Диапазон измерения	*Требуемое значение суммарного сопротивления*	*Используемые резисторы (в совокупности)*
5000 мкФ	*333 Ом*	*330 Ом*
1000 мкФ	*1,67 кОм*	*1,3 кОм*
500 мкФ	*3,33 кОм*	*1,8 кОм*
100 мкФ	*16,7 кОм*	*13 кОм*
50 мкФ	*33,3 кОм*	*18 кОм*
10 мкФ	*167 кОм*	*130 кОм*
5 мкФ	*333 кОм*	*180 кОм*
1 мкФ	*1,67 МОм*	*820 кОм + 470 кОм*
500 нФ	*3,33 МОм*	*1 МОм + 820 кОм*
100 нФ	*16,7 МОм*	*6,8 МОм + 6,8 МОм*
50 нФ	*33,33 МОм*	*10 МОм + 6,8 МОм*
10 нФ	*167 МОм*	*47 МОм + 47 МОм + 33 МОм (или 100 МОм + 33 МОм)*

На рисунке приведена схема прибора для проверки конденсаторов. Переключатель S2 используется для выбора требуемого режима работы: ИЗМЕРЕНИЕ (M) или ТЕСТИРОВАНИЕ (T). Предположим, что включен режим M, как показано на рисунке. Операционный усилитель IC1 включен по схеме компаратора напряжений. Сопротивления резисторов выбраны таким образом, чтобы напряжение на неинвертирующем входе ОУ составляло 86% (в действительности оно ближе к 87%) от напряжения источника питания. При измерении через сопротивление R1 происходит заряд тестируемого конденсатора C_T и напряжение на нем увеличивается. Сопротивление R1 образуется путем выбора некоторой части резисторов из последовательной цепочки с помощью поворотного переключателя диапазонов S1. При этом величина сопротивления R1 выбирается таким образом, что с конденсатором, соответствующим верхней точке выбранного диапазона измерения (например, емкостью 100 нФ для диапазона 100 нФ), постоянная времени будет равна 1,66 с. Значения сопротивления R1, необходимые для получения такой постоянной времени на различных диапазонах измерения, приведены



Everyday Practical Electronics

Рис. 51.5

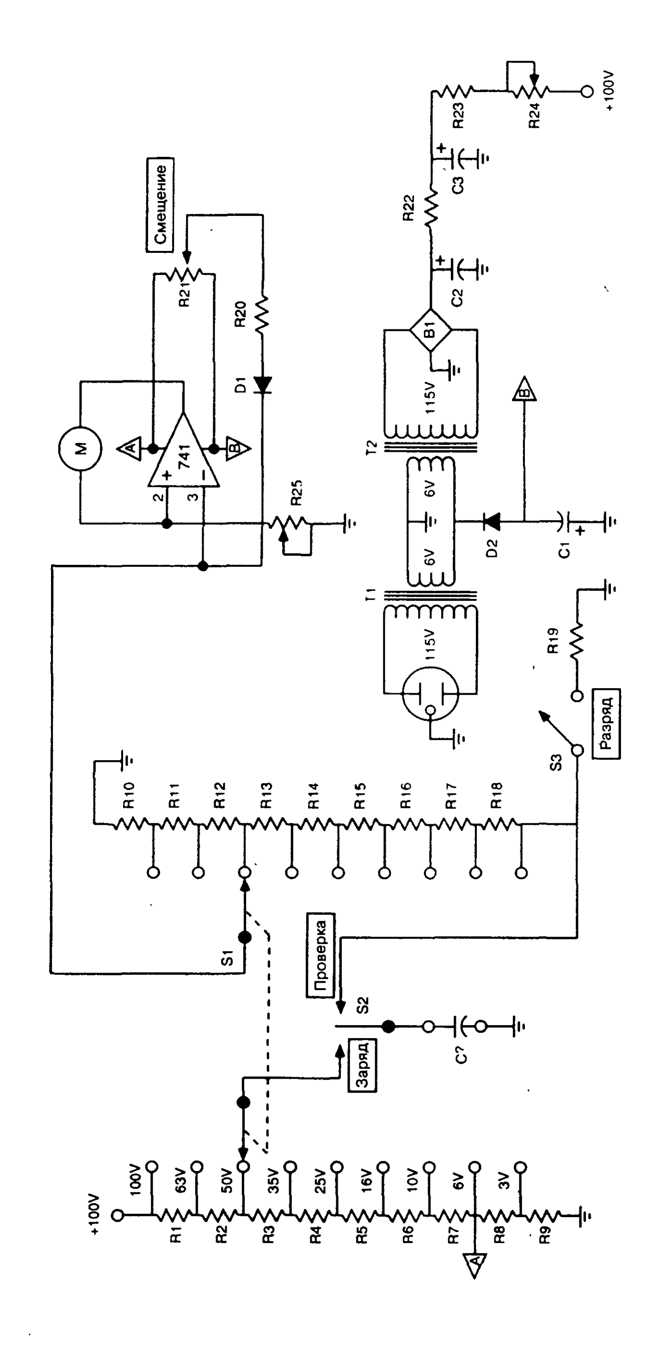
в табл. 51.5. Если предположить, что перед началом процесса конденсатор был разряжен, то по истечении определенного времени (равного двум постоянным времени) напряжение на конденсаторе должно превысить уровень 86% напряжения питания. При выключении операционного усилителя напряжение на выводе 6 снижается. На начальном этапе заряда конденсатора C_T на выводе 6 микросхемы IC1 был высокий уровень напряжения, который разрешал работу микросхемы IC2. Если через промежуток времени, равный двум постоянным времени, конденсатор заряжается, то напряжение на выводе 6 микросхемы IC1 переходит на низкий уровень, микросхема IC2 выключается и мигание светодиода прекращается. Для более четкого включения микросхемы IC2 при непосредственном подключении к IC1 включены диоды D1 и D2. Резистор R6 предназначен для поддержания напряжения на выводе 4 микросхемы IC2 на низком уровне при отсутствии сигнала высокого уровня с выхода микросхемы IC1. Частота повторения импульсов зависит от сопротивлений фиксированных резисторов R8 и R9 и от установки потенциометра VR2, а также от емкости конденсатора C2. При выбранных значениях элементов частота повторения импульсов будет составлять примерно от одного до десяти в секунду, в зависимости от установки потенциометра VR2. Потенциометр VR2 настраивается так, чтобы происходило точно три вспышки в секунду, тогда 10 вспышек будут соответствовать времени 3,33 с, то есть двум постоянным времени для конденсатора на верхней границе выбранного диапазона измерения.

ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОКА УТЕЧКИ КОНДЕНСАТОРОВ

При работе данной схемы (рис. 51.6) конденсатор заряжается в соответствии с установкой переключателя S1 до напряжения, близкого к его рабочему. Затем переключатель S2 переводится в положение «Проверка» и начинается разряд конденсатора через высокоомный делитель из резисторов R10 – R18. Суммарное сопротивление делителя равно 100 МОм. Отводы делителя, выбираемые переключателем S1, используются для уменьшения напряжения, поступающего на вход измерительной схемы на операционном усилителе, до подходящего уровня (~3 В). Процесс разряда конденсатора контролируется с помощью измерительного прибора. Если разряд происходит слишком быстро, это свидетельствует о том, что конденсатор, возможно, имеет повышенный ток утечки. Такой метод контроля применим для конденсаторов, которые могут обеспечить достаточно большую постоянную времени: 10 с или более (C > 0,1 мкФ).

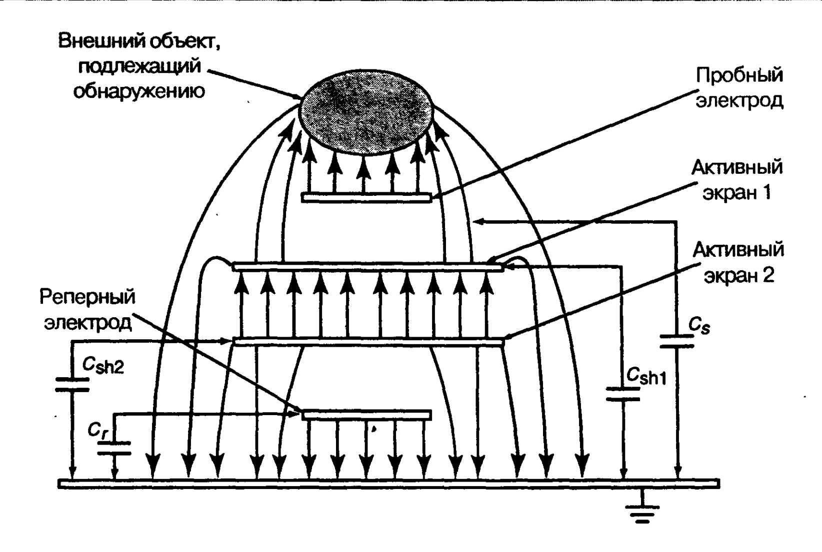
ЕМКОСТНАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

На рис. 51.7а показана конфигурация электрического поля для емкостного датчика приближения типа capaciflector. В состав этого датчика входит пробный электрод, возбуждаемый переменным напряжением, которое создает электрическое поле в окрестности электрода. Объект, попадающий в это электрическое поле, может



73 Amateur Radio Today

Рис. 51.6



NASA Tech Briefs **Рис. 51.7 (а)**

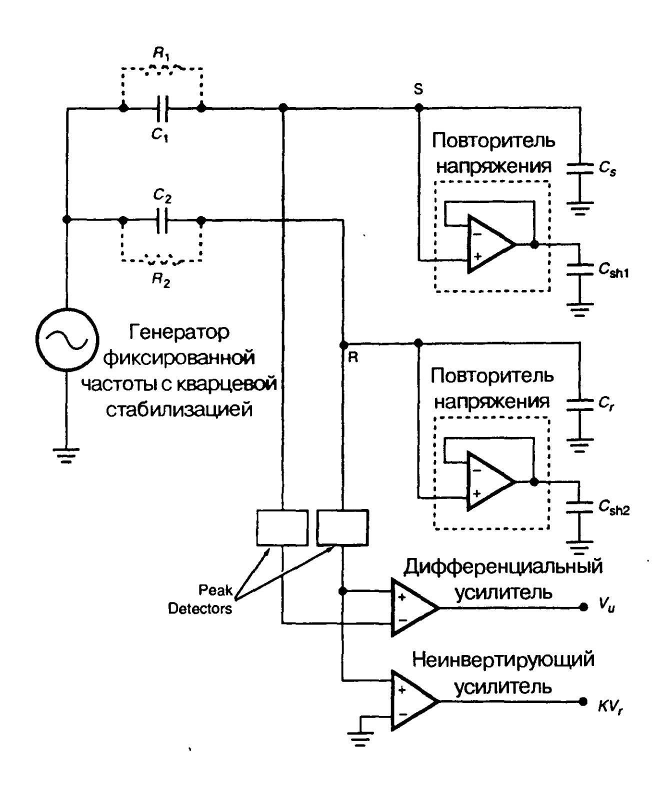
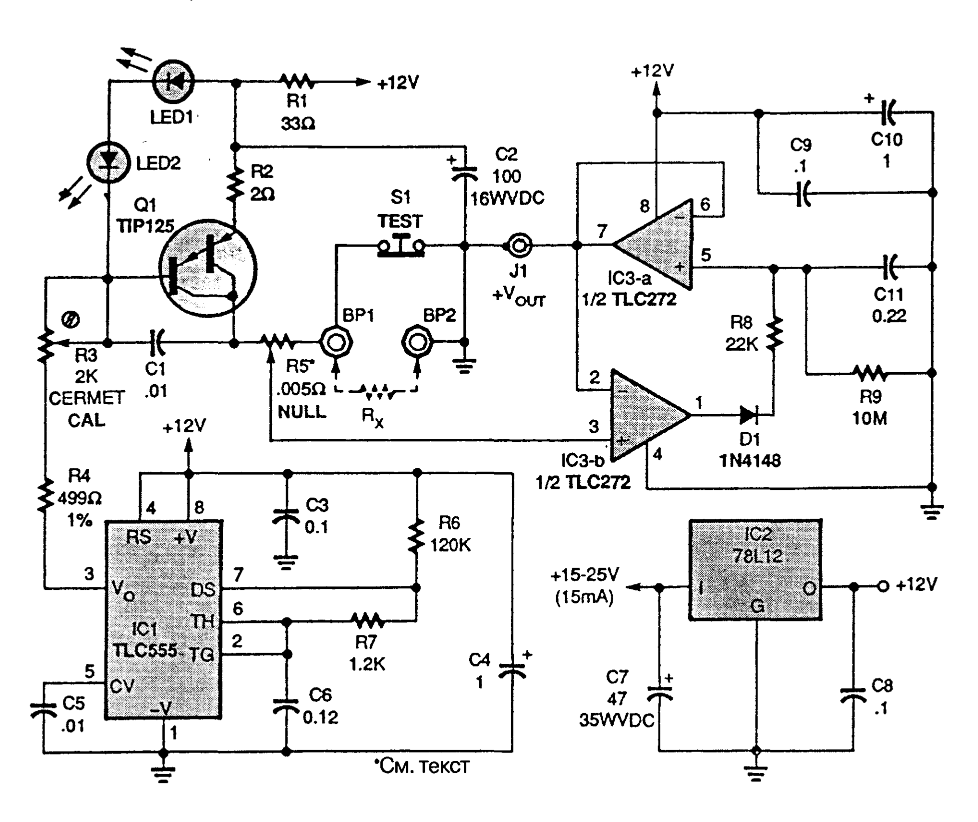


Рис. 51.7 (б)

быть обнаружен благодаря его влиянию на емкость между пробным электродом и «электрической землей». В состав датчика входит также экранирующий электрод (в данном случае активный экран 1), возбуждающийся через повторитель напряжения тем же сигналом, который подводится к пробному электроду, чтобы сконцентрировать большую часть электрического поля с внешней стороны пробного электрода с целью увеличения чувствительности и дальности действия датчика. Поскольку экранирующий электрод возбуждается через повторитель напряжения, то он не создает существенной нагрузки на источник переменного напряжения. В рассматриваемом случае многослойная структура электродов включает в себя также реперный электрод, расположенный около «земли», и второй экранирующий электрод (активный экран 2), возбуждающийся через повторитель напряжения тем же сигналом, который подводится к реперному электроду. Активный экран 2 изолирует реперный электрод от действия электрического поля, создаваемого активным экраном 1 и пробным электродом, при этом находящиеся поблизости объекты не оказывают на него никакого емкостного влияния. Для возбуждения поля используется генератор с кварцевой стабилизацией частоты, который подключается к пробному и реперному электродам по мостовой схеме, как показано на рис. 51.7б. Конденсаторы C1 и C2 (или резисторы R1 и R2) подобраны таким образом, чтобы сбалансировать мост, то есть сделать амплитуду напряжения на пробном электроде (узел S) равной амплитуде напряжения на реперном электроде (узел R). Напряжения в точках S и R детектируются пиковыми детекторами и подаются на дифференциальный усилитель, который вырабатывает выходное напряжение $V_U = 0$. При приближении какого-либо объекта емкость C_S изменяется, мост разбалансируется и возникает напряжение V_U не равное нулю. Чем ближе придвигается объект к пробному электроду, тем больше (по абсолютной величине) становится напряжение V_U. Предусмотрено также дополнительное выходное напряжение KV_R, где K – коэффициент усиления неинвертирующего усилителя, а V_R – напряжения на реперном электроде.

ГЛАВА 52
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ

ПРИСТАВКА-МИЛЛИОММЕТР К ЦИФРОВОМУ ВОЛЬТМЕТРУ



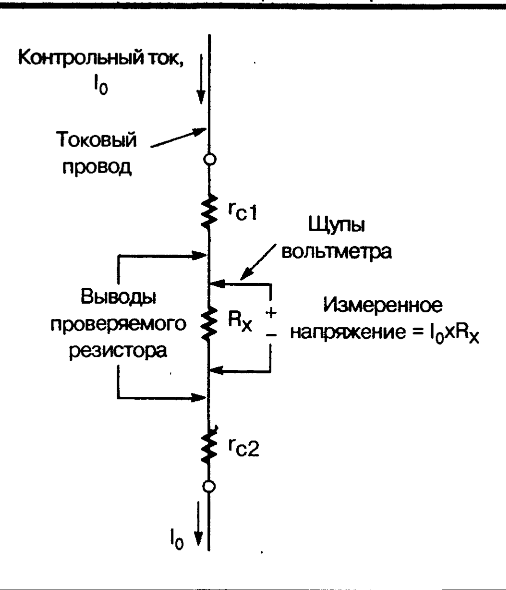
Popular Electronics **Рис. 52.1**

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

Данная схема вырабатывает импульсы постоянного тока амплитудой 1 А и длительностью 100 мкс, следующие с частотой 100 Гц. Они подаются на измеряемое сопротивление (R_X) и создают на нем падение напряжения величиной 1 В на 1 Ом измеряемого сопротивления. Погрешность измерения не превышает ±1% для сопротивлений величиной до 5,00 Ом, а разрешение при использовании цифрового мультиметра с разрядностью 3,5 равно 0,1 мОм (0,0001 Ом). Возможность измерения предельно низких сопротивлений ограничивается только качеством подсоединений к сопротивлению R_X и точностью установки нуля (NULL). Микросхема IC1 типа TLC555 вырабатывает управляющий импульс для транзистора Q1 типа TIP125, который осуществляет разряд конденсатора C2 постоянным током. Через стабильный металлопленочный (или проволочный) резистор R2. В схеме стабилизации тока прямое падение напряжения на двух красных светодиодах LED1 и LED2 при рабочем токе от 4 до 15 мА используется как опорное напряжение (в сумме 3,5 В). Для транзистора Q1 динамическое значение напряжения V_{BE} составляет ~1,50 В, поэтому на сопротивлении R2 обеспечивается напряжение 2,0 В с некоторой температурной компенсацией. Микросхема IC3 (TLC272) включена по схеме пикового детектора. Микросхема 78L12 вырабатывает стабилизированное напряжение 12 В для питания схемы. Зажимы для подключения измеряемого сопротивления R_X (BP1 и BP2) должны быть изготовлены в виде винтовых клемм, рассчитанных на большие токи (обычные щупы в качестве зажимов использовать не рекомендуется: это может привести к возникновению погрешности, которая превысит измеряемые значения сопротивлений R_X). Резистор R5 (подстроечный потенциометр сопротивлением 0,005 Ом) представляет собой отрезок луженой шины 24-го калибра длиной 2,5 дюйма (63,5 мм), а провод от вывода 3 микросхемы IC3 подключен к зажиму, который может перемещаться по шине. При калибровке схемы сначала нужно замкнуть входные зажимы массивным замыкателем, затем нажать кнопку S1 (TEST) и настроить потенциометр R5 (NULL) таким образом, чтобы на выходе было напряжение 1,00 мВ или какое-либо другое удобное значение. При измерениях следует вычитать это «нулевое» значение из фактических отсчетов. Затем необходимо заменить замыкатель на эталонное сопротивление, например на два резистора по 10,00 Ом с допуском 1%, соединенные параллельно, и настроить потенциометр R3 до получения требуемого выходного сигнала (5,00 В).

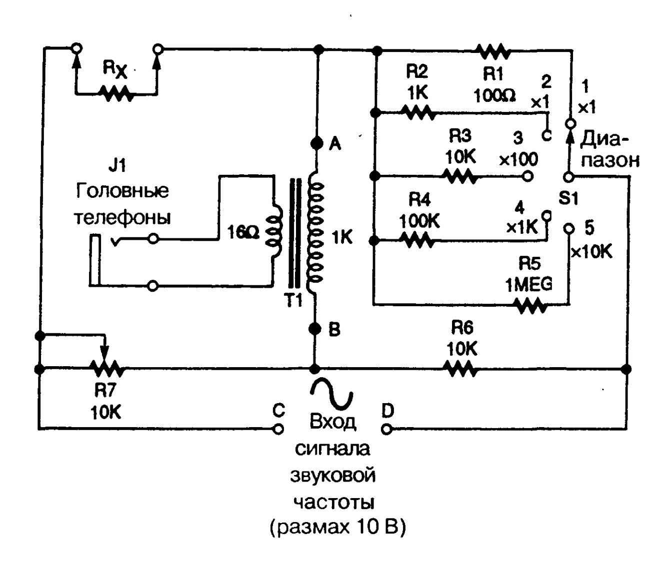
СХЕМА КЕЛЬВИНА

При измерениях малых сопротивлений контактное сопротивление и сопротивление соединительных проводов вносят существенную погрешность в результаты. На приведенной схеме представлен способ устранения этой погрешности. Ток к измеряемому сопротивлению подводится с помощью обычных щупов, а для считывания падения напряжения на нем используются отдельные специальные провода.



Electronics Now **Рис. 52.2**

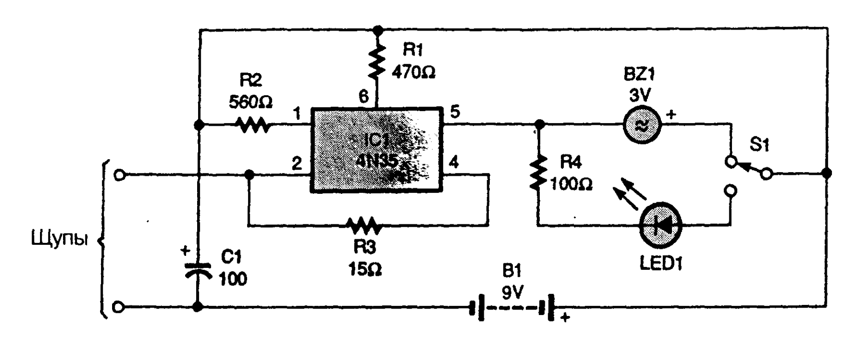
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ МОСТ УИТСТОНА



Popular Electronics **Рис. 52.3**

Мост Уитстона уравновешивается калиброванным потенциометром R7. При балансе моста сопротивление $R_X = R_N$ (R7 / R6), где R_N = R1, R2, R3, R4 или R5, в зависимости от положения переключателя S1.

ПРИБОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБРЫВОВ ЦЕПИ

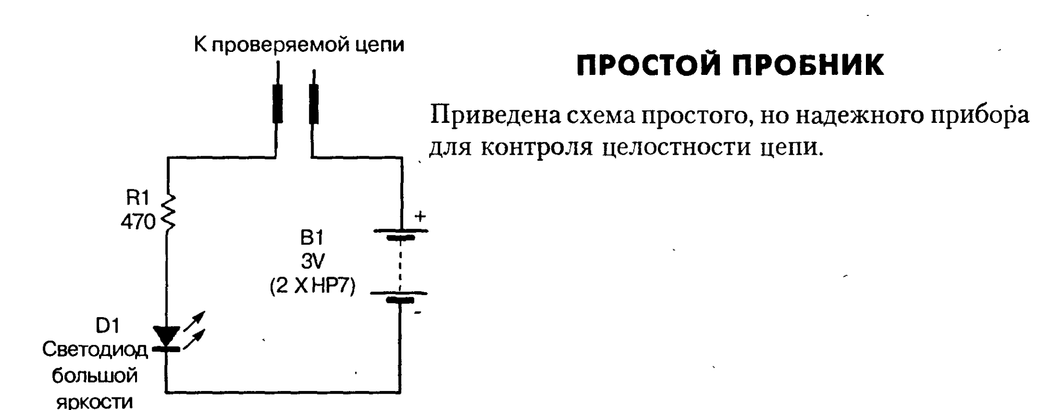


Popular Electronics **Рис. 52.4**

Прибор построен на основе оптрона типа 4N35. Микросхема IC1 включается при замыкании щупов прибора через сопротивление: так как потенциалы выводов 2 и 4 оказываются низкими, то ток может протекать через выводы 6 и 5. Ток на вывод 5 поступает через зуммер или через светодиод, в зависимости от положения переключателя S1. При контроле целостности цепи с сопротивлением 50 Ом или меньше в качестве индикатора нужно использовать зуммер, для цепей с сопротивлением до 1000 Ом – светодиод. Данную схему можно применять также для проверки pn-переходов транзисторов и диодов, причем вероятность повреждения этих чувствительных элементов мала. В таком случае (в качестве индикатора) следует использовать светодиод, а щуп, соединенный с выводом 2 микросхемы IC1, нужно подключать к p-стороне перехода. Напряжение питания может составлять от 7,5 до 9 В. Применяя данный прибор как пробник (при быстром замыкании входов) и при другой работе с ним через вывод 5 можно подсоединять одновибратор, на выход которого включать светодиод или зуммер. Одновибратор будет играть роль расширителя импульсов.

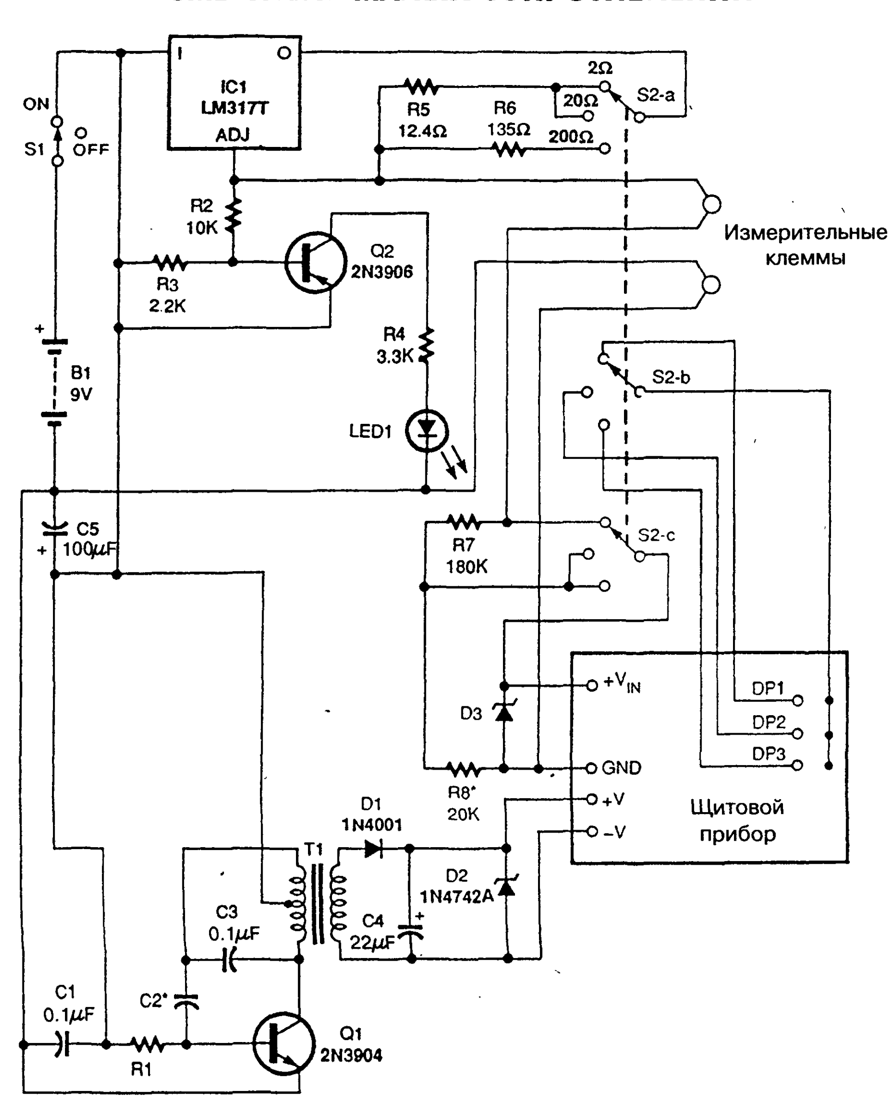
ПРОСТОЙ ПРОБНИК

Приведена схема простого, но надежного прибора для контроля целостности цепи.



Everyday Practical Electronics **Рис. 52.5**

ИЗМЕРИТЕЛЬ МАЛЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ



Popular Electronics **Рис. 52.6**

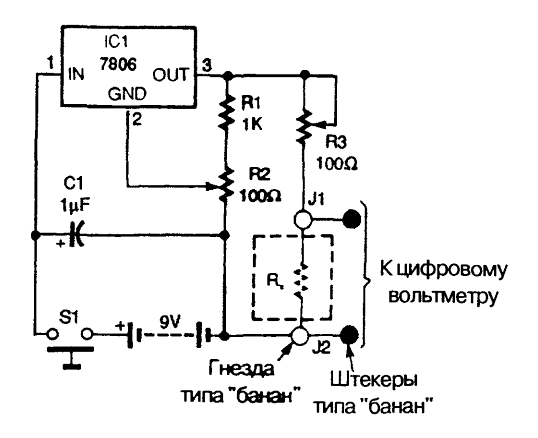
Примечание.

T1 – трансформатор звуковых частот (600:600 Ом);

D3 – стабилитрон (необязательный элемент), предназначенный для защиты модуля щитового цифрового измерительного прибора (DPM) от чрезмерных входных напряжений. Для этой схемы минимальное значение измеряемого сопротивления составляет 1 мОм.

В этом автономном измерителе низкоомных сопротивлений с прямым отсчетом используется 4-зажимный метод измерения сопротивлений при постоянном токе. Применение данного метода полностью исключает влияние сопротивления измерительных щупов на результаты.

МИЛЛИОММЕТР

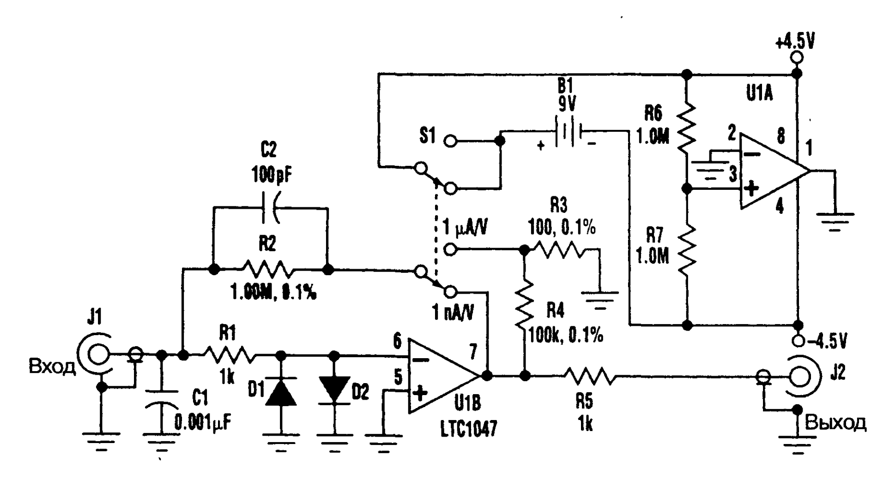


Electronic Experimenters Handbook **Рис. 52.7**

Представлена схема преобразования сопротивления для подключения к цифровому вольтметру. Она получает питание от батареи с напряжением 9 В. Измеряемое сопротивление (R_X) подключается к гнездам J1 и J2 типа «банан», а два провода со штекерами типа «банан», соединенные непосредственно с гнездами J1 иJ2, подключаются к входу цифрового вольтметра. Через выключатель S1 напряжение питания от батареи подается на микросхему стабилизатора напряжения IC1 типа 7806. Конденсатор C1 предназначен для подавления скачков напряжения, резисторы R1 и R2 – для установки выходного напряжения микросхемы IC1. Потенциометр R2 используется для точной подстройки выходного напряжения величиной 6 В, а потенциометр R3 устанавливает выходной ток, протекающий через измеряемый резистор R_X, равным 100 мА. Поскольку резистор R3 имеет относительно большое сопротивление по сравнению с измеряемым R_X, то погрешность, возникающая при этом вследствие наличия сопротивлений R_X (от 1 мОм до 1 Ом), будет оказывать влияние на величину тока 100 мА в пределах <2%.

ГЛАВА 53
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ ТОКА

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПИКОАМПЕРНЫХ ТОКОВ

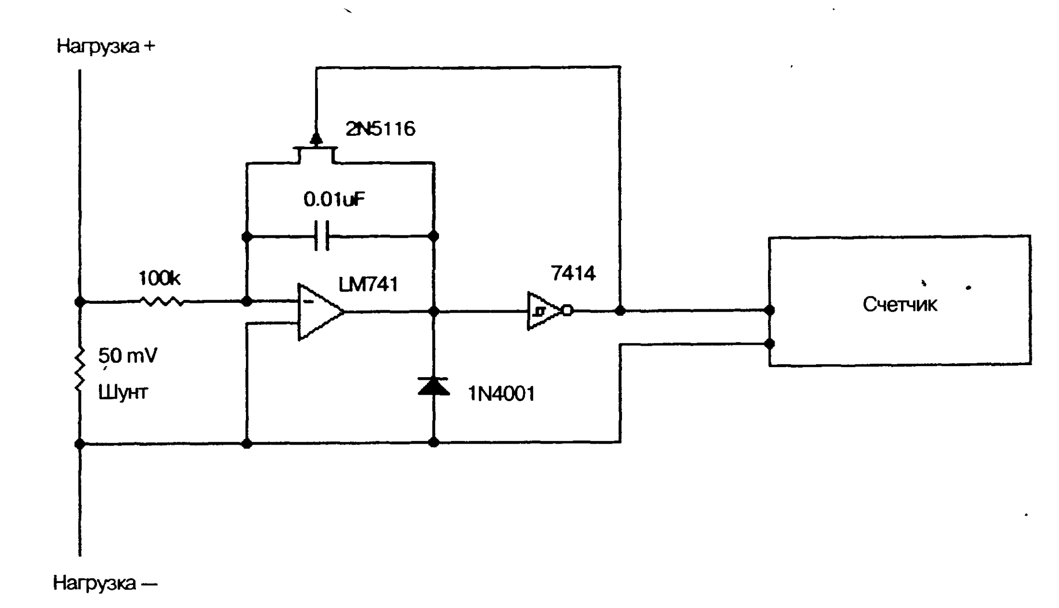


Electronic Design **Рис. 53.1**

Часто возникает необходимость в измерении токов величиной <1 мкА. Приведенная схема преобразует любой вольтметр в пикоамперметр со шкалами 1 нА/В и 1 мкА/В. При использовании 3,5-разрядного цифрового вольтметра с разрешением 1 мВ можно измерять ток в пико- или наноамперах. Кроме того, эту схему допустимо подключить к осциллографу. Частотная характеристика имеет ширину ~1 кГц для диапазона 1 мкА/В и ~150 Гц для диапазона 1 нА/В. На основе операционного усилителя U1B построена схема трансимпедансного усилителя, представляющего собой, по существу, преобразователь ток–напряжение. Когда переключатель S1 установлен в положение, показанное на схеме, коэффициент передачи усилителя U1B равен 1 мкА/В (1 МОм). При другом положении переключателя коэффициент усиления увеличивается в 1000 раз, и коэффициент передачи усилителя становится равным 1 нА/В (1 ГОм). Элементы схемы R1, C1, D1 и D2 защищают вход от высоких напряжений. Резистор R5 предназначен для

исключения влияния на выход операционного усилителя емкости нагрузки. Для хорошей работы этой схемы операционный усилитель должен иметь малые значения входного тока и напряжения смещения. В предлагаемой схеме использован операционный усилитель LTC1047 фирмы Linear Technology. Его входной ток смещения составляет ±5 пА, а напряжение смещения при комнатной температуре равно ±3 мкВ. С целью обеспечения ОУ U1B двухполярным питанием операционный усилитель U1A применяется для организации средней точки источника питания от батареи с напряжением 9 В. Ток, потребляемый от этого источника питания равен току потребления операционного усилителя. Полный ток потребления микросхемы LTC1047 при измерениях на макете составил <100 мкА, поэтому если прибор забудут выключить, то стандартная батарея с напряжением 9 В сможет работать в течение 6 месяцев.

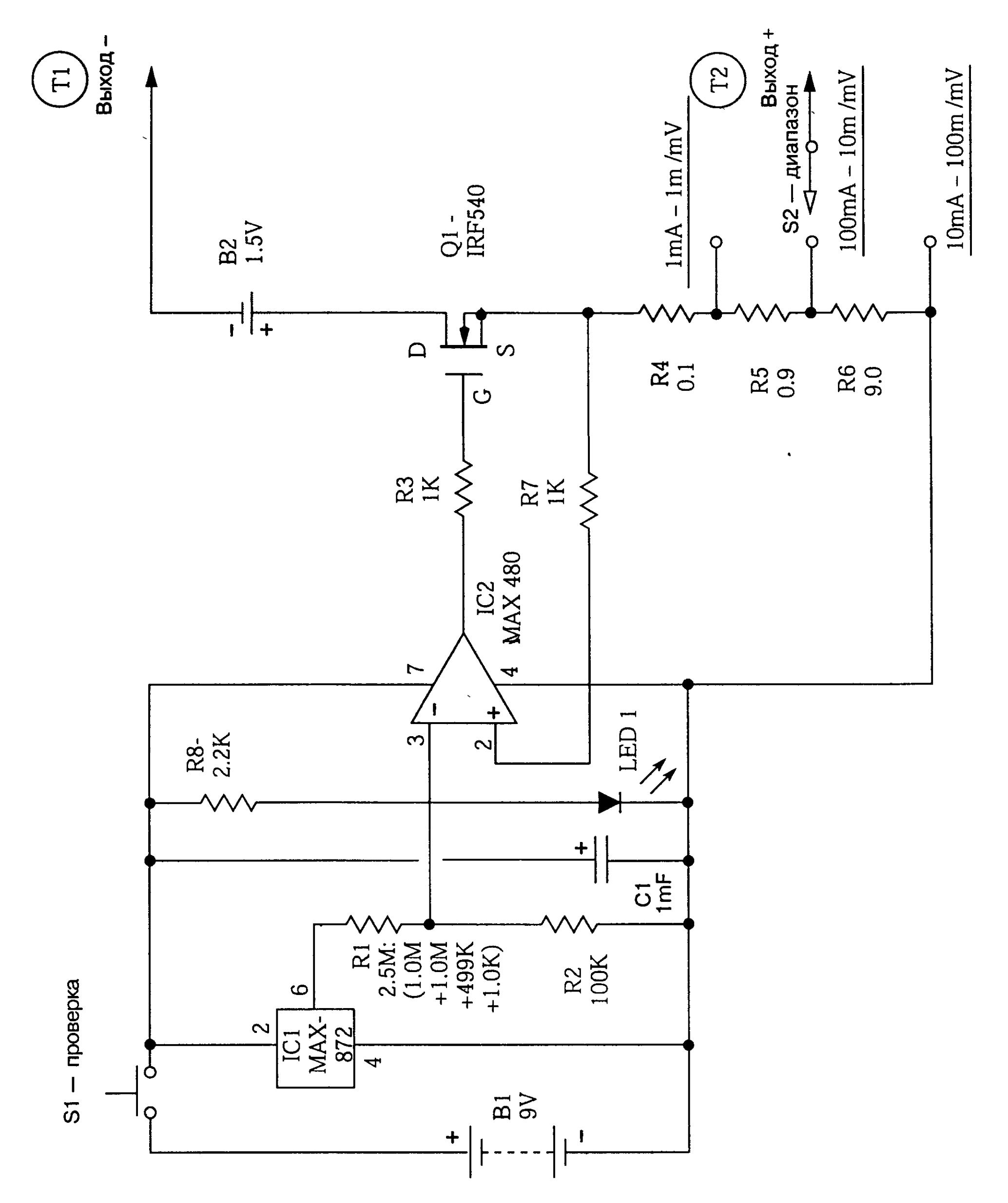
СХЕМА ИНТЕГРИРУЮЩЕГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ТОКА



Nuts and Volts **Рис. 53.2**

Ток в измеряемой цепи создает на сопротивлении шунта падение напряжения, которое подается на вход интегратора (ОУ типа LM741). Когда на выходе интегратора напряжение достигает порогового уровня триггера Шмитта, интегрирующий конденсатор емкостью 0,01 мкФ разряжается и на выходе триггера Шмитта (ИС 7414) образуется импульс. Цифровой счетчик фиксирует импульсы, при этом его показания пропорциональны произведению тока на время заряда.

ИСТОЧНИК ТОКА



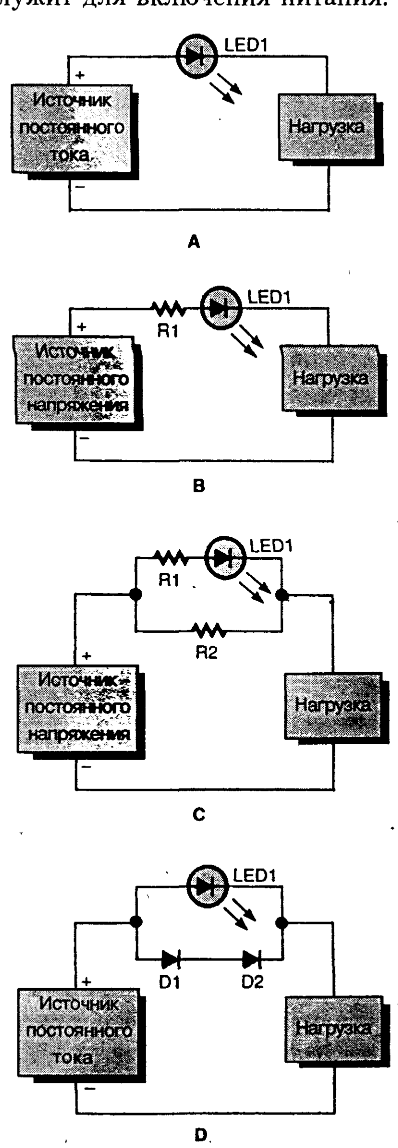
Nuts and Volts **Рис. 53.3**

На рисунке показана схема источника стабильного тока – приставки к цифровому вольтметру. Это устройство обеспечивает прохождение тока величиной 1 А,

100 мА или 10 мА через измеряемое сопротивление. В таком случае отсчет величины сопротивления можно проводить при установке вольтметра на диапазон измерений 2 В. Большой выходной ток обеспечивает источник питания B2, например алкалиновая батарея, способная отдавать ток величиной 1 А, необходимый при работе устройства в режиме наибольшего тока. Переключатель на три положения позволяет пользователю выбрать требуемую величину тока, подаваемого на испытываемое устройство. Кнопка S1 служит для включения питания. Когда нужно провести измерение, ее нажатием включается схема, состоящая из микромощного источника опорного напряжения на микросхеме IC1 и операционного усилителя IC2. Выходное напряжение микросхемы IC1 равно 2,500 В, оно поступает на делитель R1 и R2. В результате на входе микросхемы IC2 устанавливается опорное напряжение 0,1 В. Резистивный делитель (R4, R4 и R6) вместе с транзистором Q1, батареей B2 и сопротивлением испытываемого устройства образуют схему источника тока. Этот ток подается на испытываемое устройство через выходные клеммы T1 и T2, к которым подключается цифровой вольтметр. С его помощью можно считывать значение сопротивления испытываемого устройства. При желании допустимо установить светодиод LED1 для индикации включенного состояния схемы. При работе прибора с током 1 А алкалиновая батарея на 1,5 В будет разряжаться быстрее, чем батарея на 9 В, поэтому в данном режиме из соображений экономии не рекомендуется держать кнопку S1 нажатой долго. При отпускании кнопки S1 ток через транзистор Q1 и связанную с ним цепь не протекает и, следовательно, прекращается потребление тока от батареи с напряжением 1,5 В. То же происходит и при отключении измерительных щупов от измеряемой цепи.

СХЕМЫ ИНДИКАТОРОВ ТОКА НА СВЕТОДИОДАХ

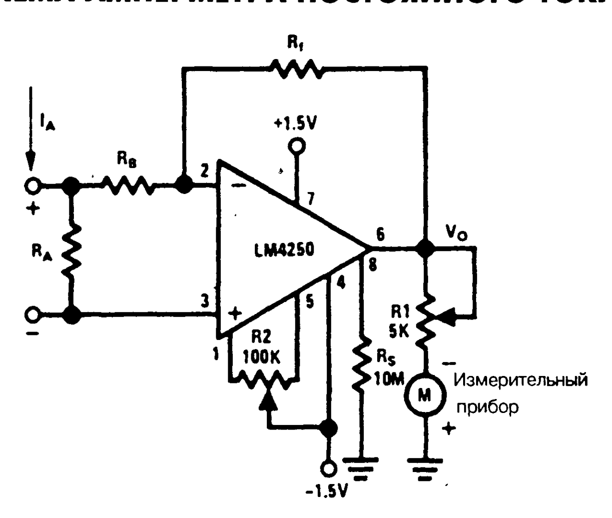
На схеме (рис. 53.4) показано несколько способов включения светодиода в качестве индикатора поступления тока в нагрузку с использованием:



Popular Electronics **Рис. 53.4**

- только светодиода (A);
- светодиода с последовательным резистором (B);
- последовательного и параллельного резисторов (C), двух диодов, включенных параллельно светодиоду (D).

СХЕМА АМПЕРМЕТРА ПОСТОЯННОГО ТОКА I



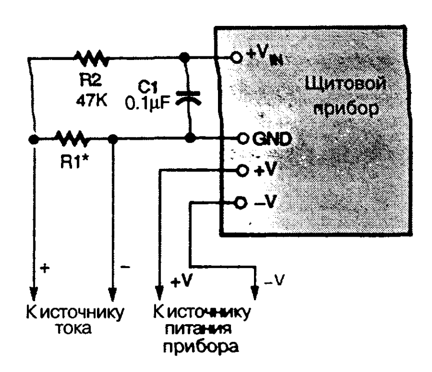
National Semiconductor **Рис. 53.5**

Таблица 53.5. Значения сопротивлений резисторов

Диапазон измерения	R_A, Ом	R_B, кОм	R_F, кОм
1 мА	3,0	3	300
10 мА	0,3	3	300
100 мА	0,3	30	300
1 А	0,03	30	300
10 А	0,03	30	30

Приведенная схема инвертирующего усилителя при значениях постоянного тока, превышающих 100 мкА, обеспечивает необходимый для измерительного прибора сигнал. На резисторе R_A создается падение напряжения, соответствующее входному току I_A. Это напряжение усиливается с коэффициентом усиления, равным отношению сопротивлений R_F/R_B. Сопротивление R_B должно быть существенно больше R_A, чтобы не создавать нагрузки для входного сигнала. В табл. 53.5 приведены требуемые значения сопротивлений R_A, R_B и R_F для диапазонов измерений 1 мА – 10 А.

СХЕМА АМПЕРМЕТРА ПОСТОЯННОГО ТОКА II



Popular Electronics **Рис. 53.6**

На представленной схеме модуль цифрового щитового измерительного прибора (DPM) можно использовать в качестве амперметра постоянного тока. Величину сопротивления R1 нужно выбирать так, чтобы падение напряжения на нем при максимальном требуемом значении тока обеспечивало бы максимальное показание измерительного прибора. Падение напряжения должно быть как можно меньшим, обычно оно составляет 100–200 мВ.

ГЛАВА 54
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ ЧАСТОТЫ

ЧАСТОТОМЕР

В частотомере используются счетчики с мультиплексированным выходом, буферной памятью и с входом начальной установки. Мультиплексированный выходной сигнал после преобразования двоично-десятичного кода в код для 7-сегментного индикатора подается на шесть светодиодных индикаторов. Необходимый тактовый сигнал частотой 4,194304 МГц вырабатывается кварцевым генератором, а последовательный счетчик делит эту частоту на 2^{23}. В результате получается стабильный сигнал частотой 0,5 Гц. Время, в течение которого тактовый сигнал имеет высокое значение (и могут производиться измерения), составляет точно 1 с. Благодаря такой настройке новое измеренное значение выводится на индикатор через каждые 2 с. При использовании прибора для измерения частоты внутренний тактовый сигнал, имеющийся на выводе 3 соединителя K1, передается на вывод 2 соединителя K1. Тогда логический элемент IC3d будет работать в качестве ключа; всякий раз при высоком уровне тактового сигнала тестируемый сигнал с вывода 1 соединителя K1 будет проходить на счетный вход микросхемы IC1. Эта микросхема соединена последовательно с микросхемой IC2 и образует счетчик для шести десятичных цифр. По окончании интервала измерения на выходе логического элемента IC3c с помощью резистора R19 и конденсатора C3 генерируется фиксирующий импульс. Этот импульс инвертируется вентилем IC3b и подается на вход LE микросхем IC1 и IC2; по его команде текущее состояние счетчика запоминается в буферной памяти. По окончании фиксирующего импульса схема R18, C2 и IC3a генерирует импульс начальной установки RST, который сбрасывает счетчик в исходное состояние. При указанных на схеме параметрах элементов счетчик может работать с сигналами на частотах от 1 Гц до 1 МГц. Для сигналов более высоких частот необходимо соответственно изменить время измерения. Однако имеются ограничения: при напряжении питания 5 В микросхему 4553 можно использовать на частотах до 1,5 МГц; при 7 В – до 5 МГц, а при 15 В – до 7 МГц. Для более высоких частот необходимо применить предварительный делитель частоты. Ток потребления схемы (в представленном виде) не превышает 50 мА, что делает возможным питание от батарей.

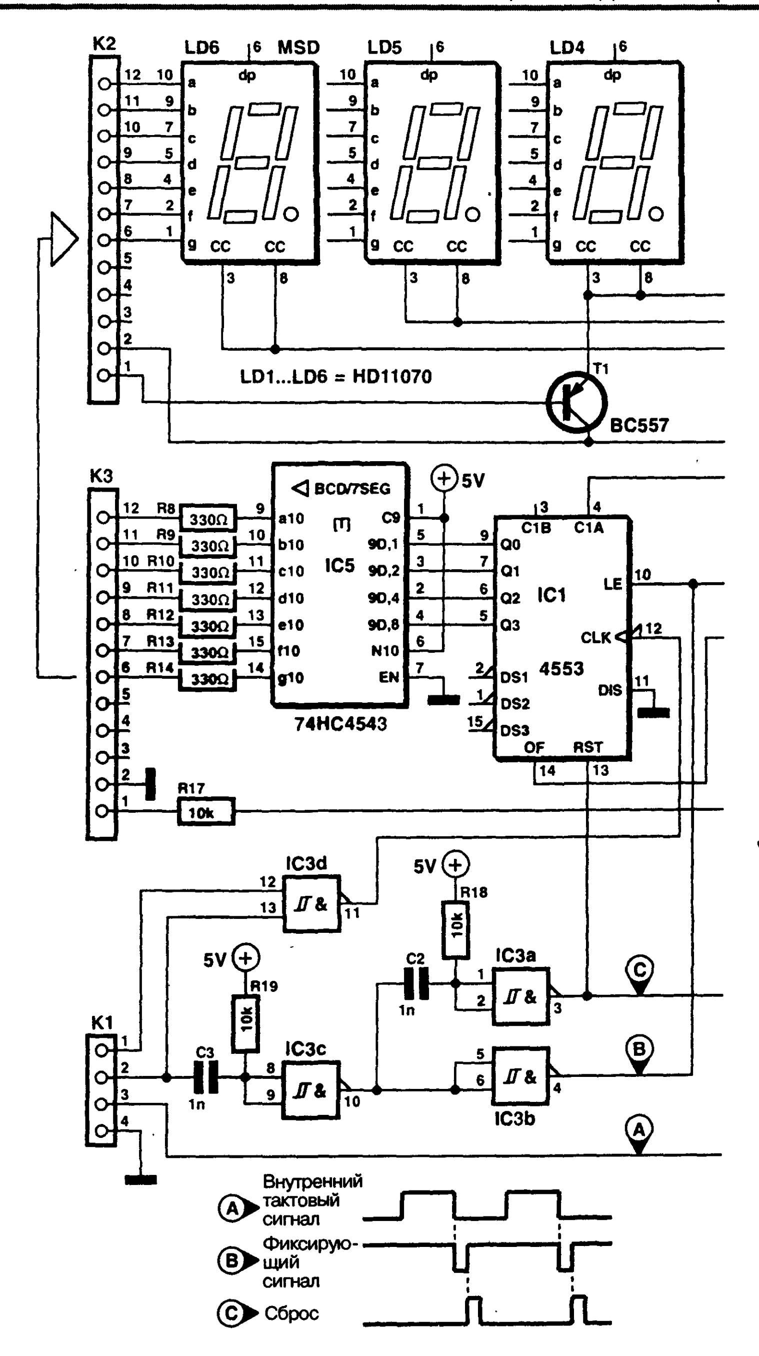

K2
LD6
MSD
LD5
LD4
LD1...LD6 = HD11070
T1
BC557
K3
BCD/7SEG
IC5
74HC4543
5V
IC1
4553
R17
10k
IC3d
IC3a
IC3b
IC3c
R18
R19
C2
C3
1n
K1
Внутренний тактовый сигнал
Фиксирующий сигнал
Сброс

Рис. 54.1 (1 из 2)

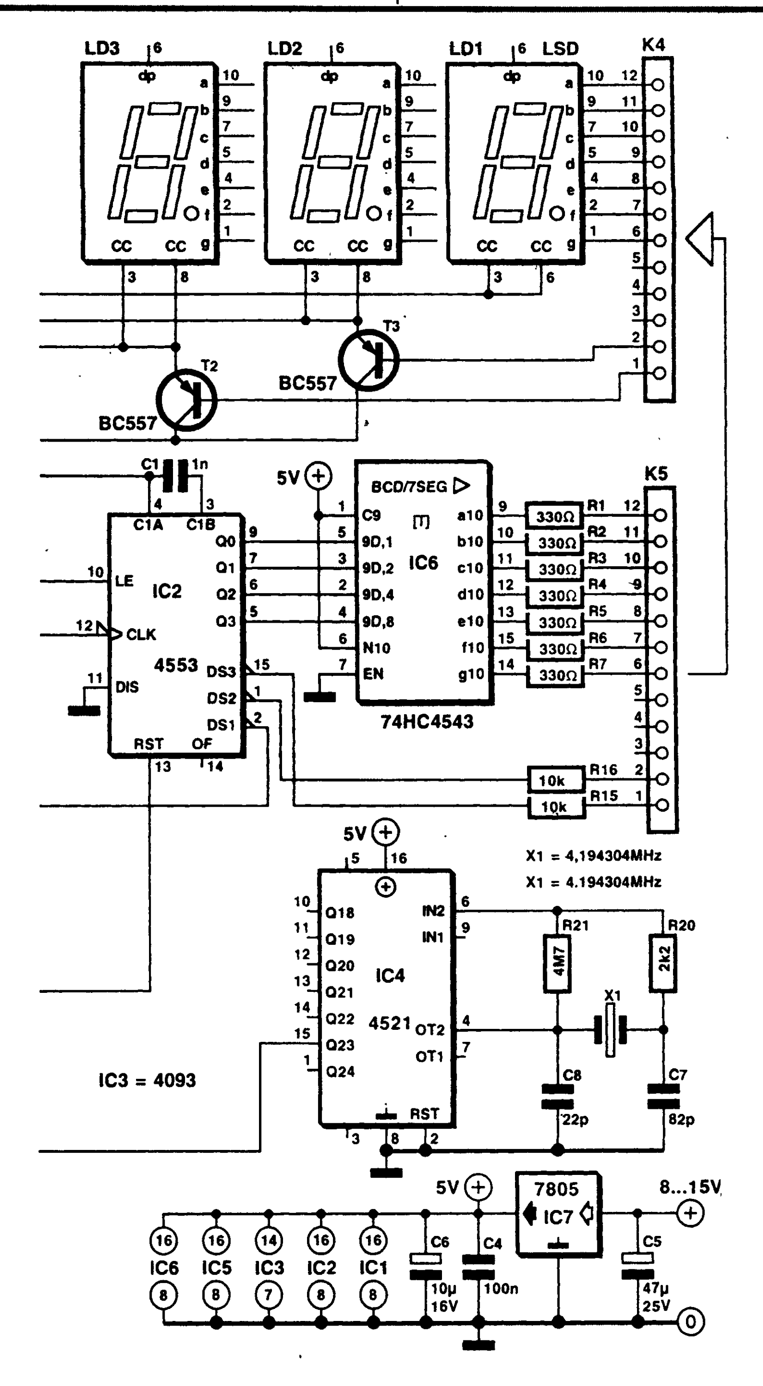

LD3
LD2
LD1
LSD
K4
K5
T2
T3
BC557
BC557
C1
1n
5V
IC2
4553
BCD/7SEG
IC6
74HC4543
R1 330Ω
R2 330Ω
R3 330Ω
R4 330Ω
R5 330Ω
R6 330Ω
R7 330Ω
R16 10k
R15 10k
X1 = 4,194304MHz
X1 = 4.194304MHz
IC4
4521
R21 4M7
R20 2k2
X1
C8 22p
C7 82p
IC3 = 4093
7805
IC7
8...15V
C6 10µ 16V
C4 100n
C5 47µ 25V
IC6
IC5
IC3
IC2
IC1

Рис. 54.1 (2 из 2)

ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ ТАЙМЕРА 555

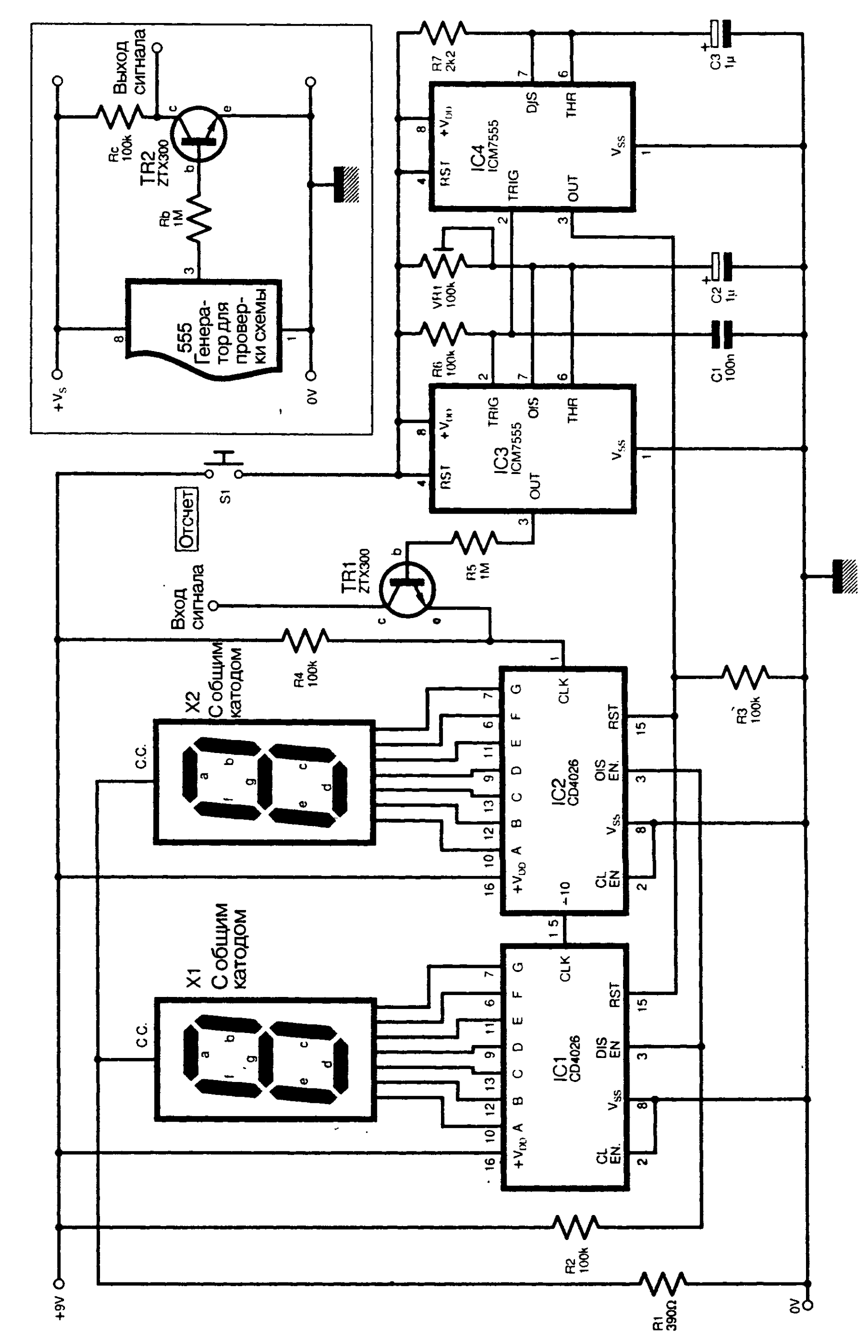
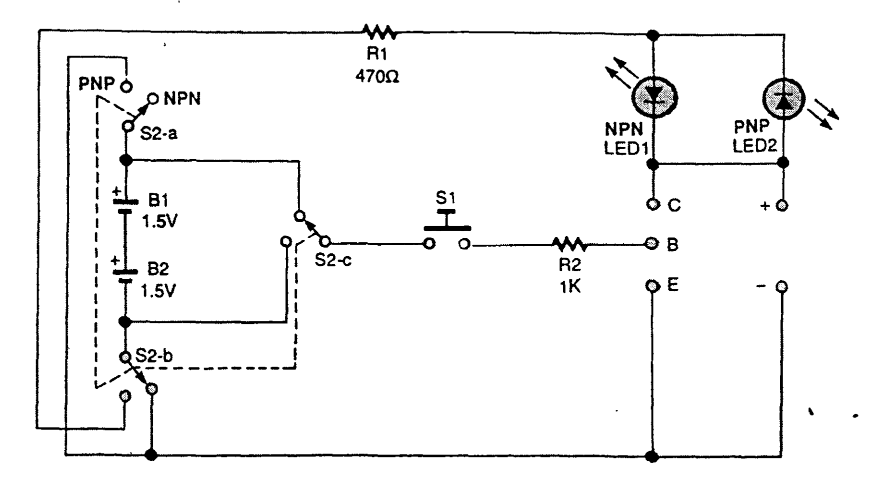


Рис. 54.2

Предлагаемая схема представляет собой простой цифровой частотомер, показывающий в герцах частоту колебаний генератора, собранного на таймере серии 555. Эту схему, вероятно, можно использовать и для других целей. Как показано на врезке, к генератору на таймере типа 555 подключен транзистор TR2. Далее выходной сигнал передается на основную схему через коллектор транзистора TR1. Два КМОП таймера типа 7555 (IC3 и IC4) включены как одновибраторы и запускаются цепочкой R6, C1 при нажатии кнопки S1 «Отсчет». Период колебаний IC3 регулируется потенциометром VR1, а период колебаний IC4 фиксирован и продолжается доли секунды. При замыкании ключа S1 микросхема IC4 посылает сигнал начальной установки (RST) на микросхемы IC1 и IC2, представляющие собой декадные счетчики, каждый из которых непосредственно управляет 7-сегментным светодиодным индикатором с общим катодом. После сигнала начальной установки микросхема IC3 открывает транзистор TR1, который пропускает импульсы, выработанные испытываемым таймером, на вывод 1 (CLK) микросхемы IC2 первого декадного счетчика. Одновибратор IC3 должен быть отрегулирован таким образом, чтобы вырабатывался импульс длительностью ~100 мс. Тогда при нажатии кнопки S1 на индикаторе высветится число импульсов, прошедших на вход за время 100 мс, а умножением этого числа на 10 получим значение частоты в герцах. Можно добавить последовательно еще несколько счетчиков, чтобы охватить диапазон более высоких частот.

ГЛАВА 55
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – РАЗНОЕ

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ

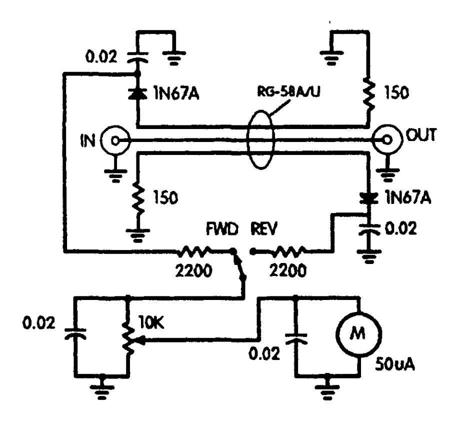


Popular Electronics **Рис. 55.1**

Эта схема представляет собой прибор для проверки элементов схем с индикацией на светодиодах. Если вставить выводы базы (B) и эмиттера (E) транзистора (или выводы закороченного транзистора) в гнезда C и E, то светодиод начнет светиться, но это будет означать, что транзистор вставлен неправильно, так как соответствующий светодиод должен загораться только при нажатии кнопки S1. При желании, чтобы не изгибать выводы транзистора, допустимо использовать 5 гнезд, расположенных в следующем порядке: C–E–B–C–E, или применять двухцветный светодиод вместо двух обычных светодиодов. Пользуясь гнездами, предназначенными для подключения транзисторов, можно проверять также и тиристоры, светодиоды и т.п. Для проверки тиристора установите переключатель полярности в положение npn и вставьте выводы анода, катода и управляющего электрода тиристора соответственно в гнезда C, E и B. Очень быстро нажмите кнопку S1, при этом светодиод npn должен загореться и не погаснуть при отпускании кнопки. Для проверки светодиода установите переключатель полярности

в положение npn и вставьте выводы анода и катода светодиода соответственно в гнезда B и E. При нажатии кнопки S1 исправный проверяемый светодиод должен загореться. Имеющиеся в приборе еще два гнезда, обозначенные + и –, можно использовать для проверки диодов, конденсаторов, целостности цепи и т.д. Для проверки диода установите переключатель полярности в положение npn и вставьте выводы анода и катода диода в гнезда + и –. При нажатии кнопки S1 светодиод npn должен загореться. При проверке целостности цепи переключатель полярности может находиться в произвольном положении. Подсоедините проверяемую цепь к гнездам + и – и нажмите кнопку S1; если цепь проводит ток, то должен загореться светодиод соответствующей полярности. Для проверки конденсатора вставьте его выводы с соблюдением полярности в гнезда + и –, затем быстро измените полярность на pnp, потом на npn и снова на pnp. При этом светодиоды должны попеременно вспыхивать. Такой тест проверяет конденсатор только на заряд и разряд, но не определяет его емкость.

ПРОСТОЙ МОСТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КСВ



73 Amateur Radio Today ***Рис. 55.2***

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

Представленную схему можно использовать для измерения КСВ (коэффициента стоячей волны). В устройстве применяется ответвитель, который можно изготовить из отрезка коаксиального кабеля типа RG58A/U длиной 16,5 см. Для этого необходимо сначала удалить внешнюю пластиковую оболочку и несколько расширить оплетку кабеля, затем продеть два отрезка луженого провода калибра 22 в тефлоновые трубки, а потом эти два изолированных проводника продеть внутрь оплетки кабеля, расположив их по противоположным сторонам относительно центрального проводника. Следует обратить особое внимание на то, чтобы отводы к диодам 1N67A и к резисторам по 150 Ом были как можно короче. При отсутствии диодов 1N67A можно использовать диоды 1N34. Оплетка кабеля RG58A,

конечно, должна быть заземлена с обоих концов. При правильном изготовлении устройства должен получиться хорошо сбалансированный измеритель КСВН, не нуждающийся в какой-либо настройке.

ХРОНОМЕТР/СЧЕТЧИК

Хронометр имеет четырехзначный 7-сегментный индикатор, который может показывать отсчет времени от 000,0 до 999,9 с разрешением 0,1 с или число импульсов до 9999. Хронометр (таймер) построен на микросхеме счетчика типа 74C925

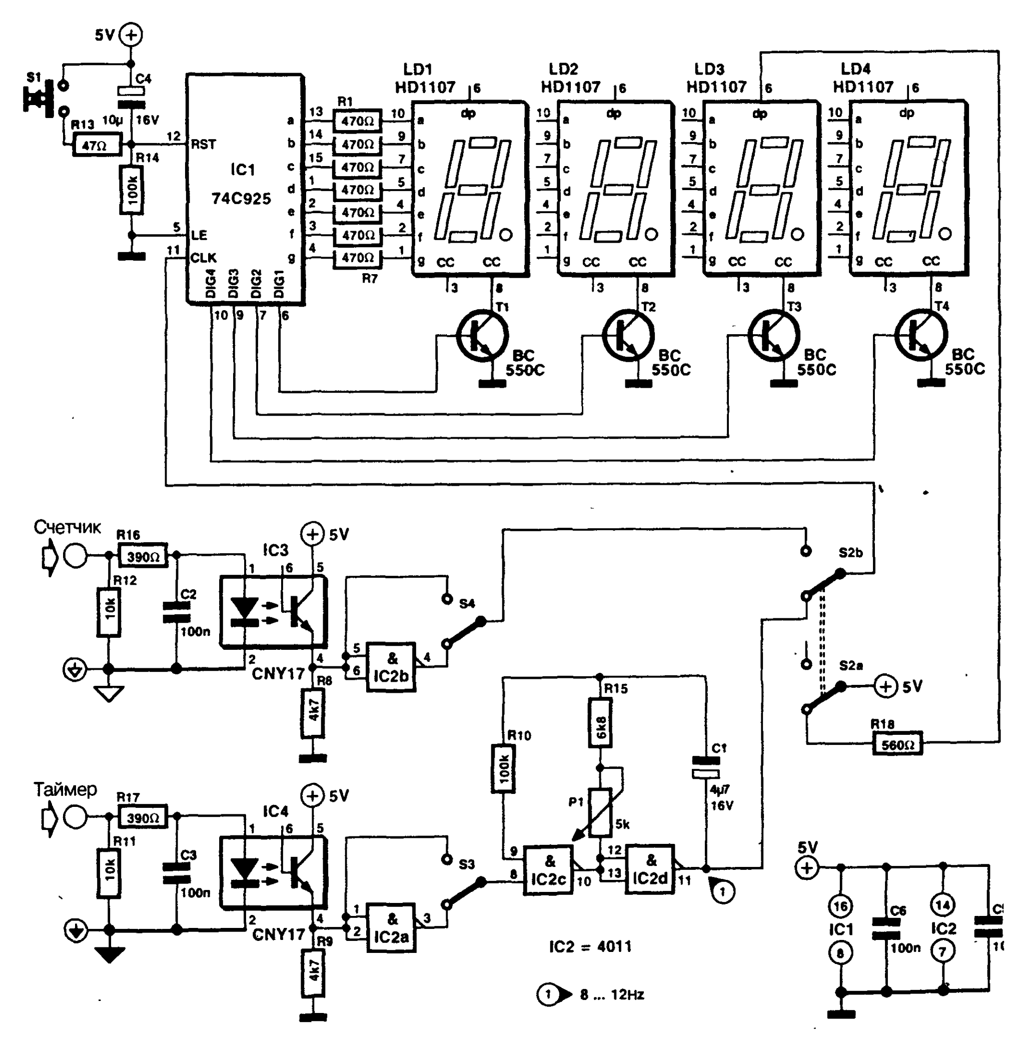


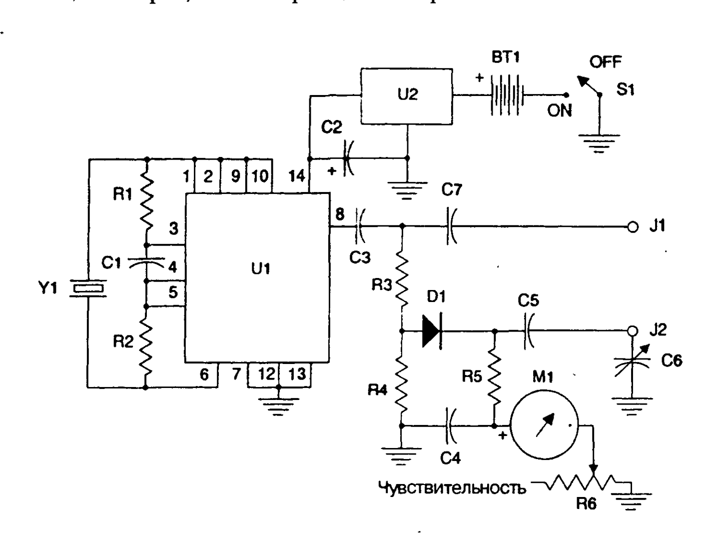
Рис. 55.

фирмы National Semiconductor со встроенным драйвером индикатора (дешифратором). Это устройство потребляет ток ~40 мА от источника питания с напряжением +5 В. При включении питания счетчик IC1 устанавливается на 0000 с помощью цепочки R14, C4 или кнопкой S1. Микросхема может получать тактовый сигнал от двух различных источников: от внутреннего генератора или от внешнего генератора через вход «Счетчик». Генератор собран на логических элементах IC2c и IC2d и подсоединяется к входу счетчика. Включение осуществляется или вручную переключателем S3, или с помощью соответствующего логического уровня, высокого или низкого, в зависимости от положения переключателя S4 на входе «Счетчик». Входы таймера и счетчика идентичны, но отделены электрически один от другого и от источника сигнала с помощью оптронов. Благодаря этому на вход каждого из них можно подавать сигналы с размахом до 25 В. Так же, как и в случае входа таймера, логический уровень на входе счетчика может быть высоким или низким и выбирается переключателем S4. Положение переключателя S2b определяет режим работы: таймер или счетчик. В режиме таймера переключатель S2a вводит десятичную точку между третьим и четвертым знаком. Если для запуска генератора требуется просто подать нужный логический уровень, то сигнал, подаваемый на вход счетчика, должен соответствовать более строгим требованиям, чтобы модуль работал без ошибок. Сигнал обязан обладать крутыми фронтами и не иметь помех; его низкий уровень должен быть значительно ниже 1 В, а высокий – значительно выше 2 В. Кроме того, если на входе счетчика используется переключатель, то его необходимо хорошо защитить от «дребезга» контактов.

ПРОСТОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ИНДУКТИВНОСТИ

На рис. 55.4 показана схема простого измерителя индуктивности. Микросхема U1 типа 74LS00 – счетверенный логический элемент 2И-НЕ, два резистора, конденсатор и кварцевый резонатор (можно некондиционный) образуют схему стабильного генератора, работающего на частоте, близкой к номинальной частоте кварцевого резонатора. ВЧ напряжение для измерительной схемы снимается с вывода 8 через разделительный конденсатор C3. Через конденсатор C7 это напряжение подается на соединительную клемму J1 и на резистивный делитель напряжения R3, R4. К средней точке делителя подключен анод германиевого диода D1. Высокочастотное напряжение, возникающее на регулировочном конденсаторе переменной емкости C6, через C5 подается на катод диода D1 и нагрузочный резистор R5. Нижний вывод этого резистора подключен к положительному выводу измерительного прибора M1 и шунтируется на «землю» через конденсатор C4. Для регулировки чувствительности устройства между отрицательным выводом измерительного прибора и «землей» включен переменный резистор R6. В процессе измерения при перестройке конденсатора C6 определяется положение максимума высокочастотного напряжения. Максимум будет иметь место при резонансе на частоте кварцевого генератора последовательной цепи, составленной из конденсатора C6 и тестируемой

индуктивности. Таким образом, величина измеряемой индуктивности будет определяться по шкале, связанной с конденсатором C6, в момент пика напряжения, отмечаемого по показаниям измерительного прибора M1. При измерениях с использованием мостового метода, наоборот, отсчет проводится при минимальных показаниях.



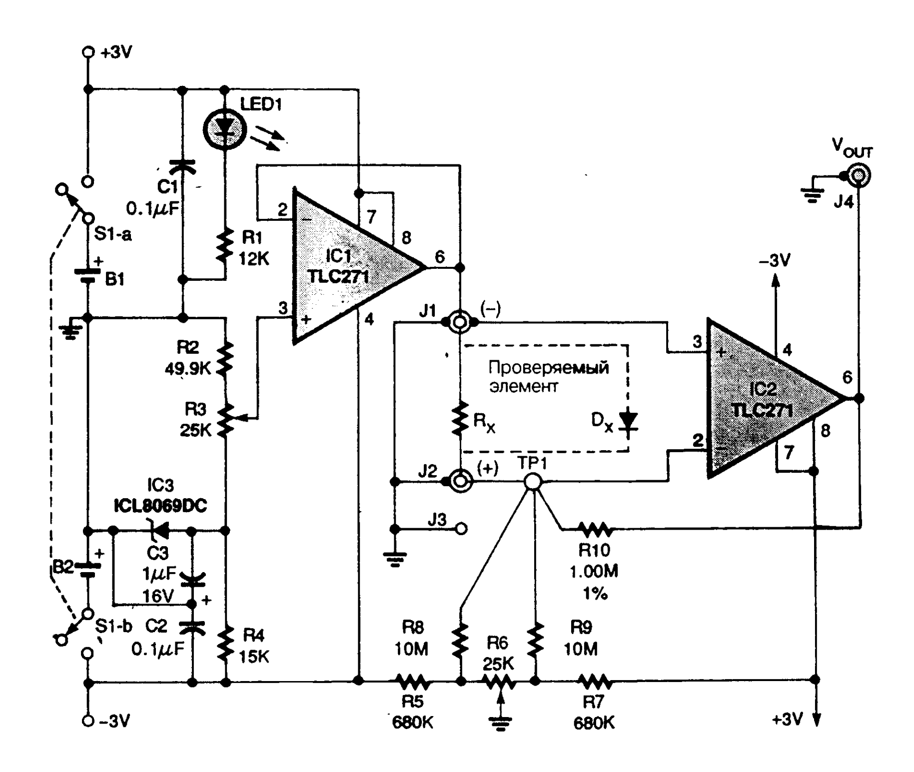
73 Amateur Radio Today ***Рис. 55.4***

Примечание.

Перечень элементов к схеме измерителя индуктивности:

BT1	*Алкалиновая батарея напряжением 9 В*
C1, C3, C4	*Дисковые керамические конденсаторы, 0,01 мкФ*
C2	*Электролитический конденсатор, 10 мкФ, 16 В*
C5	*Дисковый керамический конденсатор, 0,001 мкФ*
C6	*Конденсатор переменной емкости, 365 пФ*
C7	*Конденсатор 560 пФ, группа NPO, с диэлектриком из майлара, полистирола или слюды*
D1	*Германиевый диод типа 1N34, 1N60, 1N90, 1N270 и т.п.*
J1, J2	*Входные клеммы*
M1	*Измерительный прибор постоянного тока, 0–1 мА*
R1, R2	*Резисторы 560 Ом, 5%, 0,25 Вт*
R3, R4	*Резисторы 100 Ом, 5%, 0,25 Вт*
R5	*Резистор 1 кОм, 5%, 0,25 Вт*
R6	*Потенциометр 10 кОм (линейный)*
S1	*Однополюсный тумблер или движковый переключатель на одно направление*
U1	*74LS00, счетверенный логический элемент 2И-НЕ*

АДАПТЕР МУЛЬТИМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОВОДИМОСТИ

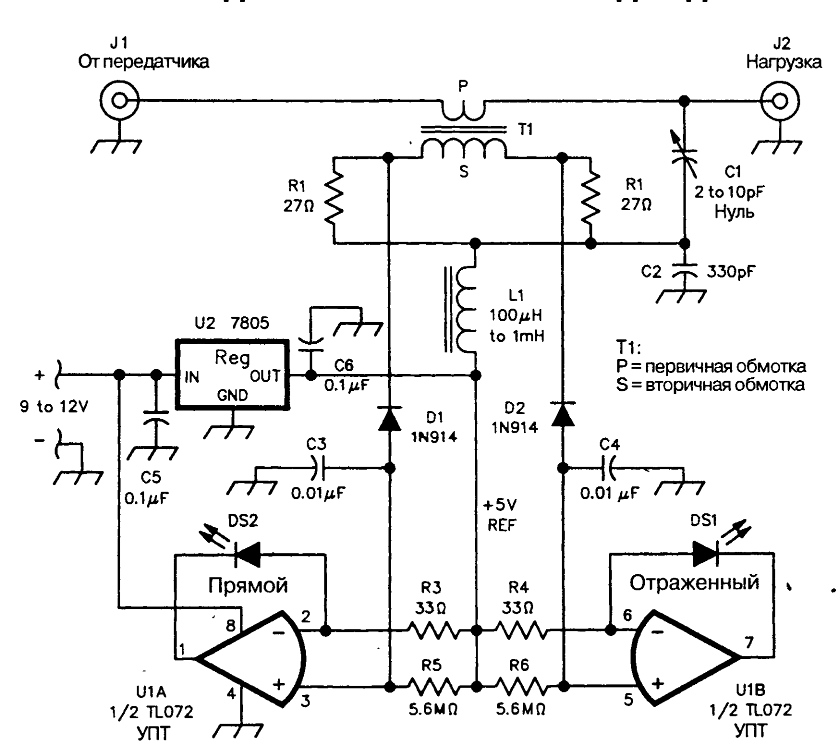


Electronics Now **Рис. 55.5**

Участок измеряемой цепи подключается между клеммами J1 и J2. Ток между указанными клеммами обусловлен проверяемым элементом и преобразуется микросхемой IC2 в выходное напряжение, которое выводится на индикатор цифрового вольтметра. Это напряжение ограничено: максимальное составляет 2,0 В, минимальное – 1,0 В. На клемму J1 подается опорное напряжение 1,000 В для использования при измерении проводимости. Опорное напряжение поступает от микросхемы IC3, термокомпенсированного источника опорного напряжения 1,25 В (с применением эффекта запрещенной зоны кремния). Оно умощняется буферным каскадом на микросхеме IC1 типа TLC271. Поскольку инвертирующий вход микросхемы IC2 соединен с «виртуальной землей», то максимальное значение измеряемого тока составляет –2,0 мкА. При измерении проводимости тестируемого элемента (обозначенного на схеме как R_X) к клемме J1 подводится напряжение – 1,0 В, а клемма J2 соединена с «виртуальной землей». Исходя из максимального значения входного тока, которое можно преобразовать микросхемой IC2, наименьшее значение измеряемого сопротивления установлено равным 500000 Ом. При значениях параметров элементов, указанных на схеме, масштаб шкалы составляет

1,0 мкСм/В или 1,0 нСм/мВ. Резистор с сопротивлением 1 МОм имеет проводимость 1 мкСм или 1000 нСм, резистор с 1 ГОм – 1,0 нСм. Коэффициент преобразования ток–напряжение задается сопротивлением R10 и составляет 1 В/мкА или 1 мВ/нА. Резистор R10 должен иметь допуск не более 1%.

СХЕМА ИНДИКАТОРА КСВ СО СВЕТОДИОДАМИ



QST **Рис. 55.6**

Примечание.

В схеме использованы следующие элементы:

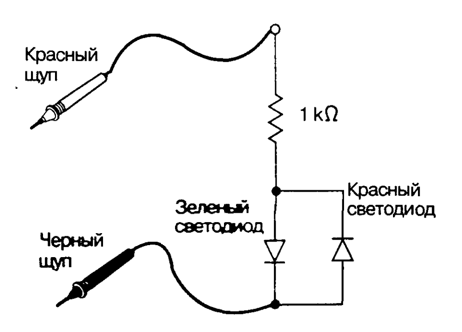
C1	*Подстроечный конденсатор с керамическим, пластмассовым или воздушным диэлектриком*
C2 – C	*Керамические конденсаторы*
D1, D	*Кремниевые переключательные диоды 1N914 (или аналогичные)*
J1, J2	*Коаксиальные гнезда*
L1	*Высокочастотный дроссель с индуктивностью от 100 мкГн до 1 мГн.*
DS1 и DS	*Светодиоды: красный для индикатора «Прямой» и зеленый для индикатора «Отраженный»*
R1 и R2	*Пленочные углеродистые или композиционные резисторы с допуском 5 или 10%*

R3 и R4	*Пленочные углеродистые или композиционные резисторы с допуском 5 или 10%. Значениями сопротивлений этих резисторов определяется чувствительность моста по мощности (см. текст)*
T1	*Тороидальный трансформатор, намотанный на сердечник из порошкового железа типа Т-50-2. Вторичная обмотка – 30 витков эмалированного провода калибра 30; первичная обмотка – 1 виток (провод просто пропущен через сердечник)*
U1	*Сдвоенный операционный усилитель типа TL072 со входами на полевых транзисторах с pn-переходом*
U2	*Микросхема регулятора напряжения на 5 В типа 7805 или 78L05*

В этом простом индикаторе КСВ используются стандартный направленный ответвитель и сдвоенный операционный усилитель TL072. Диоды D1 и D2 работают как однополупериодные детекторы напряжения прямой и обратной волны. В традиционных схемах измерителей КСВ выходные сигналы этих детекторов подаются на измерительный прибор через переключатель «прямая/отраженная волна» и масштабный резистор, который обычно обеспечивает нагрузку на детекторные диоды сопротивлением ~25 кОм. Такое, относительно небольшое, сопротивление нагрузки ограничивает рабочие характеристики диодов при малых уровнях мощности, поскольку в этом случае прямое падение напряжения на диодах превышает высокочастотное напряжение, которое нужно продетектировать. Чтобы использовать в качестве индикаторов светодиоды DS1 и DS2, потребовались усилители постоянного тока – операционные усилители: их высокое входное сопротивление позволяет так слабо нагружать детекторные диоды, что их диапазон детектирования может быть расширен в сторону малых сигналов примерно до 50 мВ. Каждый из таких операционных усилителей U1A и U1B представляет собой одну из «половин» микросхемы TL072, сдвоенного операционного усилителя с полевыми транзисторами на входе. Постоянное напряжение, выработанное каждым из детекторов, появляется на входе соответствующего операционного усилителя на резисторе 5,6 МОм. Операционные усилители работают с коэффициентом усиления по напряжению, равным единице, но имеют достаточно большой коэффициент усиления по току, чтобы обеспечить функционирование светодиода и создать компенсирующее согласующее напряжение на резисторе R3 (R4). Для установления на каждой из половин микросхемы U1 двуполярного источника питания в условиях, когда доступны только однополярные (обычно с минусом на «земле») источники, потребовалось создать «искусственную землю». Микросхема U2 формирует стабилизированное постоянное напряжение между «землей» и плюсовым выводом источника питания. (Следует отметить, что постоянное опорное напряжение мостовой схемы также задается равным +5 В; так как заземленный по переменному току вывод катушки L1, который в традиционных схемах направленных ваттметров соединяется с «землей» по постоянному току, в данном случае также подключается к выходу источника питания +5 В, образуемому микросхемой U2.) Результирующую чувствительность схемы допустимо отрегулировать так, что, изменяя значения сопротивлений резисторов R3 и R4, можно настроиться на ожидаемый уровень мощности, чтобы подавать на светодиоды ток соответствующей величины. Для использования различных светодиодов, а при необходимости и моста,

при различных уровнях мощности может потребоваться изменить значения этих сопротивлений. Величина сопротивлений (в омах) определяется по следующей формуле: R3 или R4 = $\sqrt{P_0 \times 50} / 30 \times I_{F\,(LED)}$, где P_0 – передаваемая мощность (в ваттах), 50 – волновое сопротивление линии передачи (в омах), 30 – отношение числа витков трансформатора T1, $I_{F\,(LED)}$ – величина тока (в амперах), которая обеспечивает требуемую яркость свечения светодиода. Если значения сопротивлений выбраны так, чтобы светодиод индикатора прямой волны (DS2) горел ярко, то свечение светодиода индикатора обратной волны (DS1) будет хорошо заметно при соотношении значений КСВ порядка 2:1, что позволяет уверенно минимизировать КСВ при настройке.

ПРОСТОЙ ИНДИКАТОР ПОЛЯРНОСТИ



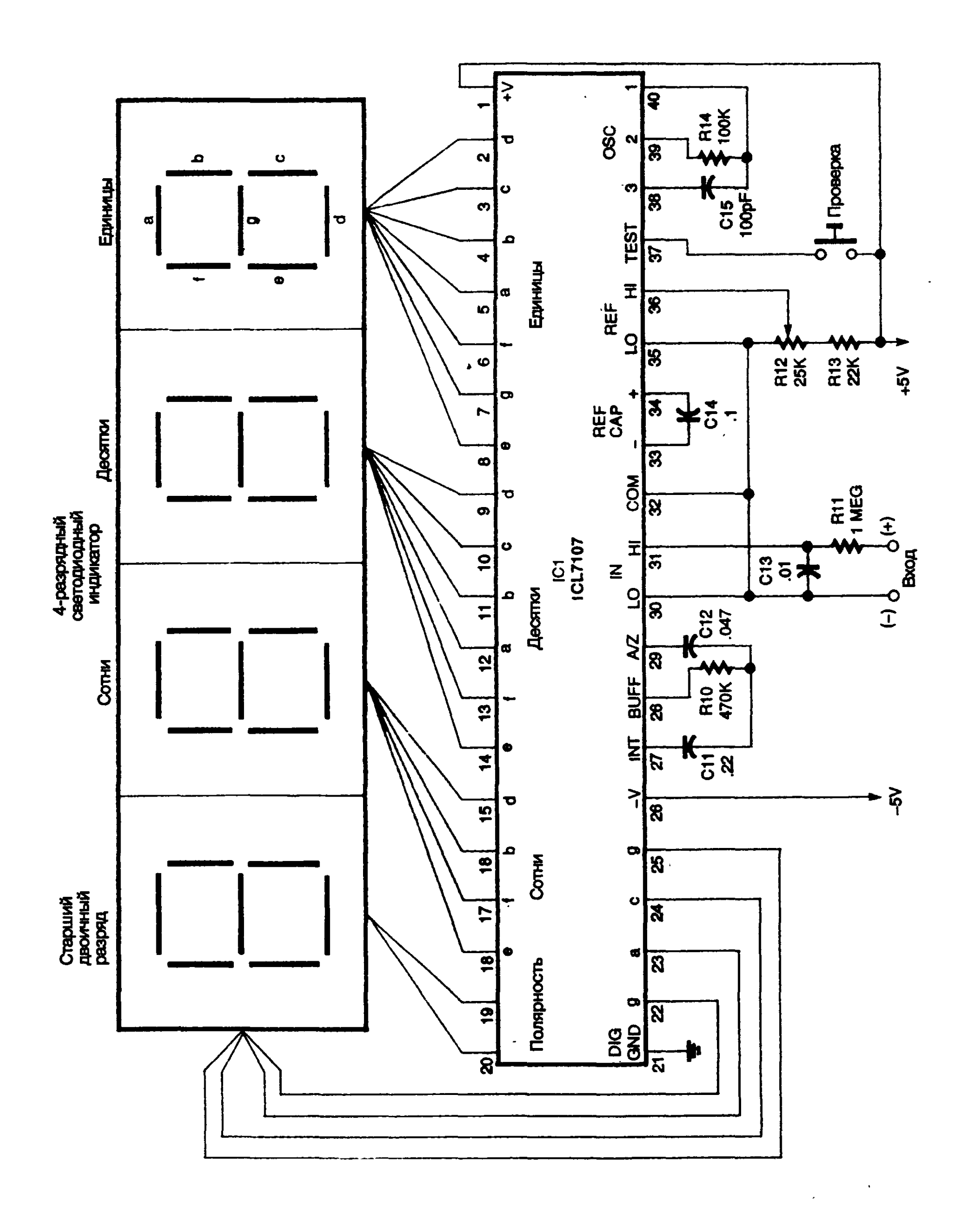
William Sheets **Рис. 55.7**

Примечание. ***При указанных значениях элементов схема может применяться в цепях постоянного тока с напряжением до 24 В. Для работы с более высокими напряжениями необходимо увеличить сопротивление последовательного резистора.***

Эта схема предназначена для определения полярности напряжения в низковольтных цепях постоянного тока. Свечение зеленого светодиода означает, что красный щуп находится под положительным напряжением, свечение красного – под отрицательным.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛЯ СТЕНДОВОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Основой этого цифрового измерителя является аналого-цифровой преобразователь (АЦП) ICL7107 фирмы Harris. АЦП включает в себя все необходимые активные элементы, необходимые для построения вольтметра, в том числе сегментные декодеры и драйверы светодиодного индикатора. Вспомогательный кнопочный выключатель, подсоединенный к выводу 37 микросхемы ICL7107, позволяет проводить проверку индикатора. При подключении вывода 37 к шине +5 В на индикаторе должно высветиться число «–1888», проверяющее все сегменты. Если более предпочтительным



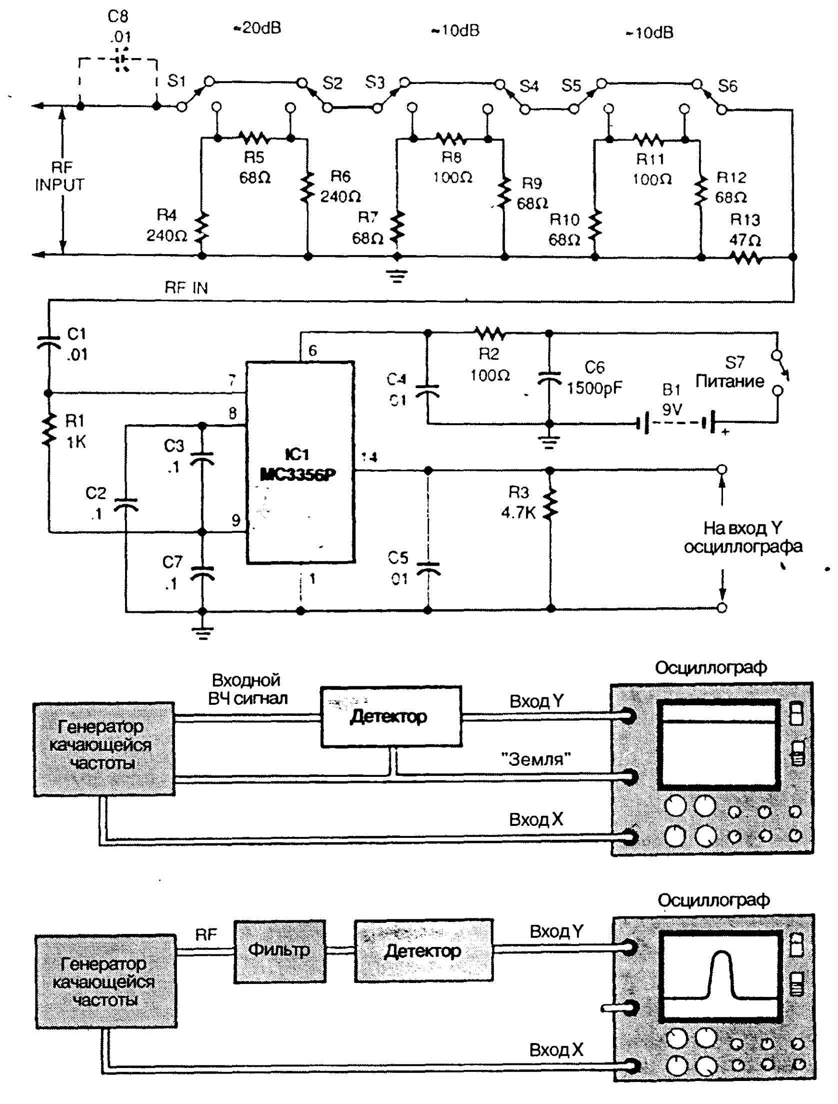
Electronics Now

Рис. 55.8

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

является использование жидкокристаллического индикатора, то микросхему 7107 необходимо заменить микросхемой ICL7106CPL. При этом схема подключения выводов остается прежней – за исключением того, что вывод 21 становится выводом общего электрода вместо общего вывода от всех разрядов индикатора.

ИНДИКАТОР СИЛЫ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА



Popular Electronics **Рис. 55.9**

Примечание. *Емкости конденсаторов, кроме С6, приведены в микрофарадах (мкФ).*

Данная схема (рис. 55.9) особенно полезна при тестировании, поскольку ее выходной сигнал зависит от уровня входного высокочастотного сигнала по логарифмическому закону. Микросхема MC3356 фирмы Motorola установлена только для получения выходного сигнала (на выводе 14), характеризующего силу сигнала на ее входе, другие ее функции не используются. С целью расширения рабочего диапазона на входе схемы установлен аттенюатор. Для повышения качества работы схему следует поместить в экранированный металлический корпус.

ДАТЧИК НАКЛОНА

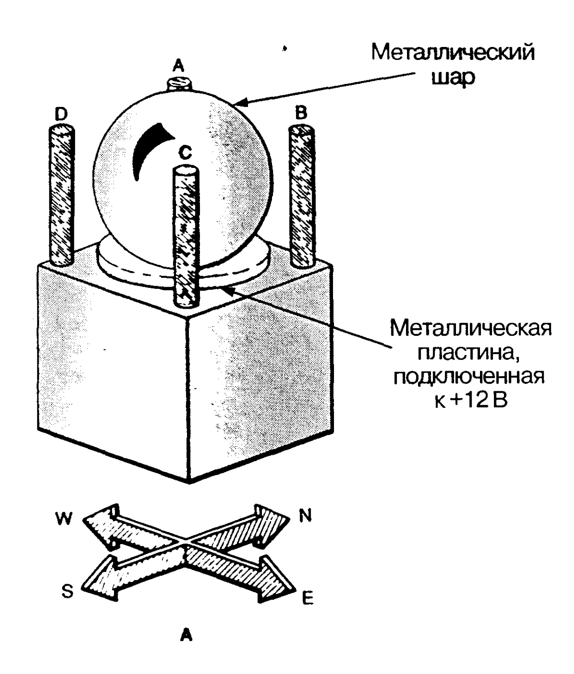
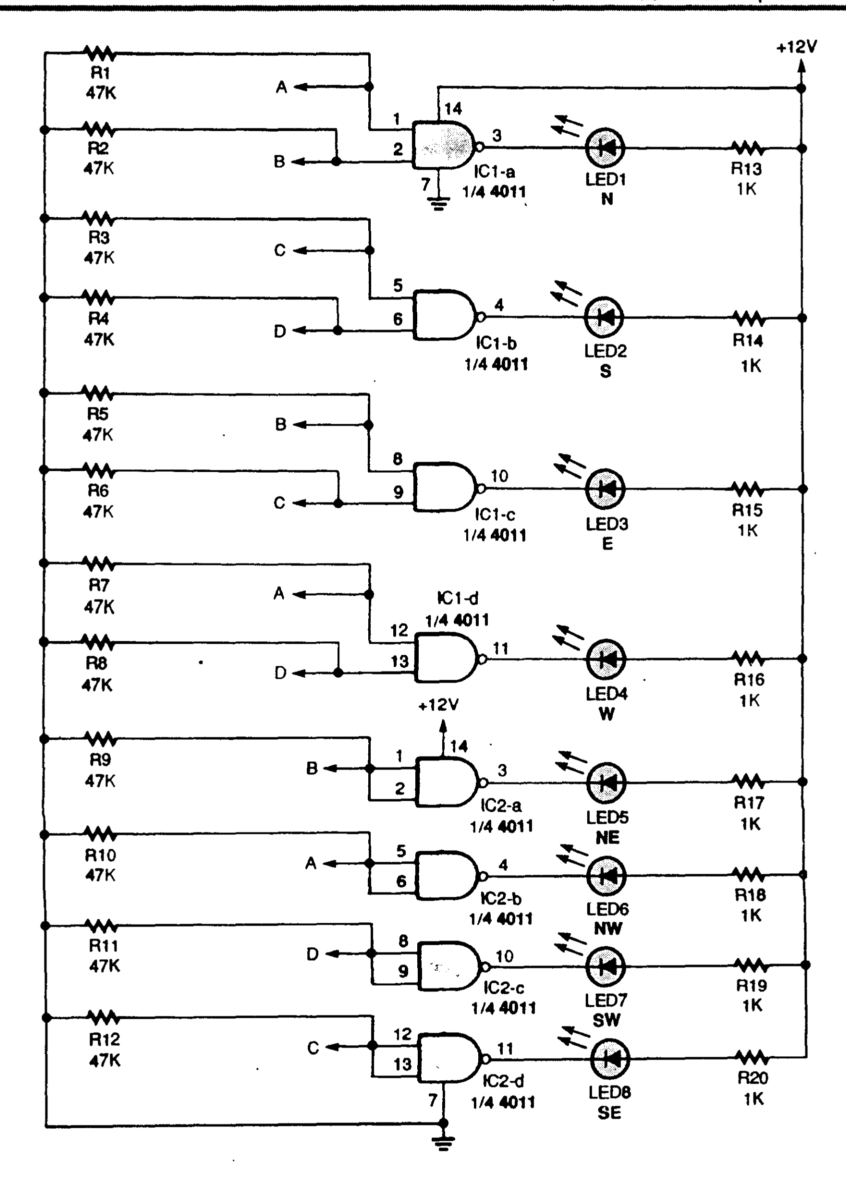


Рис. 55.10 (а)

Примечание. *Когда датчик наклоняется, ток передается через металлический шар на один или два штыря, обозначая одно из направлений, перечисленных в табл. 55.10.*

Металлический шар находится на металлической пластине, закрепленной на изолирующем основании. В каждом из углов расположено по металлическому штырю. Металлическая пластина подключена к источнику +12 В, а четыре взаимно изолированных штыря – к входной схеме датчика. Когда шар находится в центре (при отсутствии наклона), он не касается ни одного из штырей; электрическое



Popular Electronics

Рис. 55.10 (б)

соединение между шаром и штырями отсутствует. При наклоне датчика в северном (N) направлении (как показано на рис. 55.10а) шар покатится и прикоснется к штырям A и B; электрическая цепь замкнется, и на оба эти штыря будет подано напряжение +12 В. В табл. 55.10 показано, какие из штырей будут подключаться

при наклоне датчика в каждом из направлений. Штыри A, B, C, D подключены к входам нескольких логических элементов И-НЕ микросхем IC1 и IC2 типа 4011. Когда оба входа какого-либо из логических элементов И-НЕ принимают высокий логический уровень, его выход переходит на низкий уровень, зажигая подключенный к нему светодиод. Заметим, что входы каждого из логических элементов микросхемы IC2 соединены и подключены к одному из штырей, чтобы обеспечить регистрацию наклонов в направлениях, лежащих между четырьмя основными. Например, если датчик наклонится в сторону северо-запада (NW), то шар коснется только штыря A. Выход логического элемента IC2-b перейдет на низкий логический уровень, и загорится светодиод LED6 (индикатор наклона в северо-западном направлении). При наклоне в другую сторону все происходит аналогичным образом.

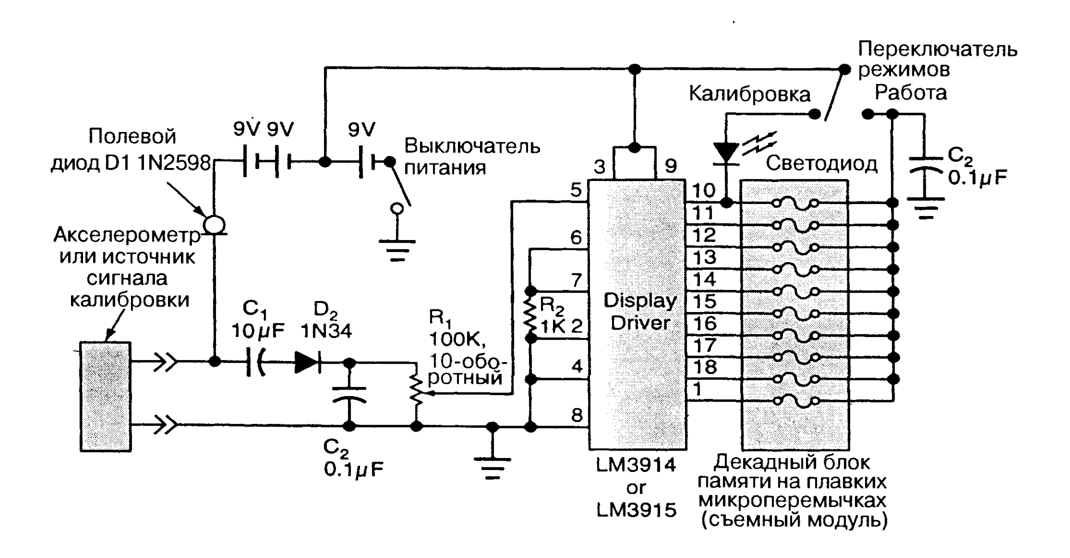
Таблица 55.10

Направление наклона	*Положение шара*
N	A, B
S	C, D
E	B, C
W	A, D
NE	B
NW	A
SE	C
SW	D

УСТРОЙСТВО РЕГИСТРАЦИИ МАКСИМАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ

Схема состоит из акселерометра, устройства индикации и источника питания. Для функционирования схемы необходимы три батареи по 9 В, одна из которых используется для питания собственно схемы, а все вместе они образуют источник с напряжением 27 В, необходимый для питания акселерометра. На акселерометр подается ток от 2 до 4 мА через диод D1 (двухвыводной токостабилизирующий элемент). Сигнал переменного тока, вырабатываемый акселерометром, может иметь максимальное значение 5 В, когда переменная составляющая ускорения достигает 50 g (где g – ускорение силы тяжести на Земле). Сигнал ускорения через конденсатор C1 и диод D2 поступает на конденсатор C2, который в течение короткого времени сохраняет пиковое значение сигнала. Через потенциометр R1 сигнал подается на вход (вывод 5) микросхемы LM3914 (это драйвер 10-уровневого индикатора с логарифмически равномерно расположенными уровнями). Каждый последующий уровень можно получить делением соседнего более высокого уровня на коэффициент $\sqrt{2}$ (то есть шаг равен 3 дБ/ступень). В зависимости от уровня входного сигнала этот драйвер индикатора активизирует один из его

десяти выходов, каждый из которых подключен к одной из десяти плавких микроперемычек (на 2 мА каждая), помещенных в прозрачный корпус и объединенных в модуль. Если перемычка, подключенная к линии данного выхода, еще цела, то при активизации этой линии микросхема драйвера выдает на нее ток величиной 10 мА, который пережигает перемычку. В любое удобное время состояние этих перемычек можно проверить визуально или электрически, чтобы определить, какая из них сгорела (если вообще сгорела какая-либо), и выяснить, какой уровень ускорения был достигнут.



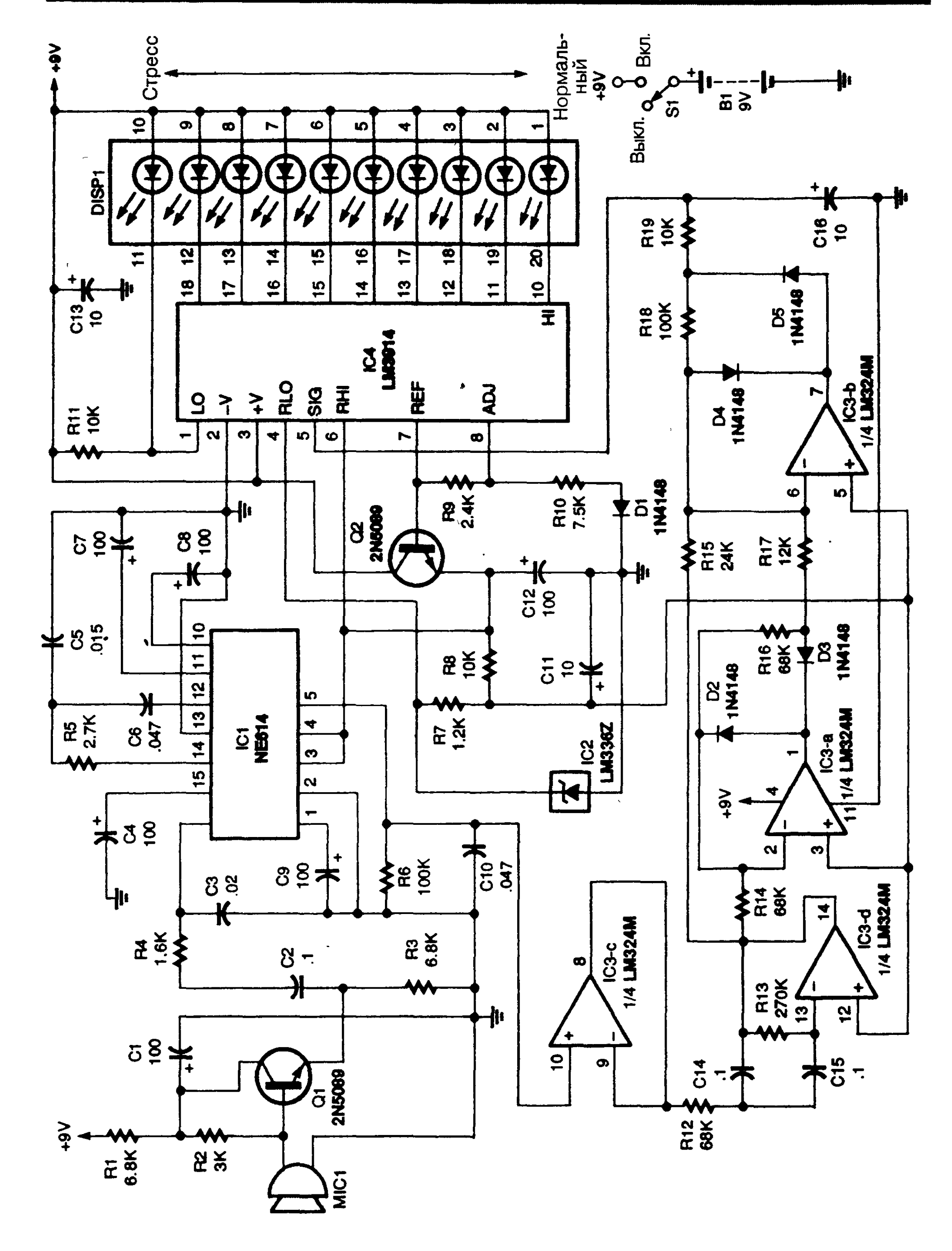
NASA Tech Briefs **Рис. 55.11**

АНАЛИЗАТОР НАПРЯЖЕННОСТИ ГОЛОСА

Схема, представленная на рис. 55.12, анализирует частотные компоненты голоса в диапазоне 7–15 Гц. Голос такой частоты характеризуется как напряженный и бывает у человека, когда он лжет или находится под каким-либо давлением. Эти частотные компоненты проявляются в виде амплитудной модуляции голоса и, как предполагается, обратно пропорциональны степени психологического стресса. Их относительная амплитуда считывается с линейного светодиодного индикатора.

САМОКАЛИБРУЮЩИЙСЯ ИЗМЕРИТЕЛЬ LC

Схема (рис. 55.13) построена на основе микроконтроллера и светодиодного индикатора. На микросхеме IC1 собран генератор, к которому подключается проверяемый



Popular Electronics

Рис. 55.12

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

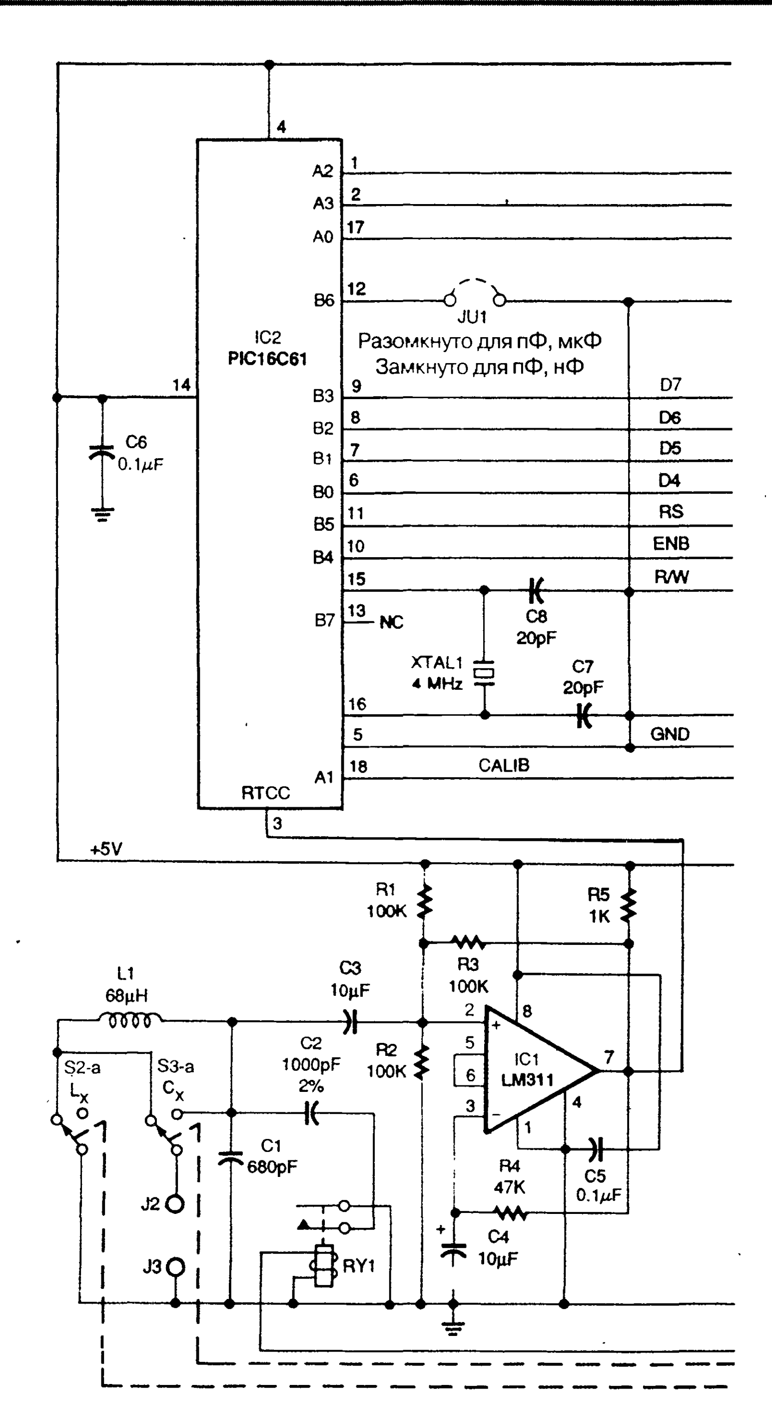


Рис. 55.13 (1 из 2)

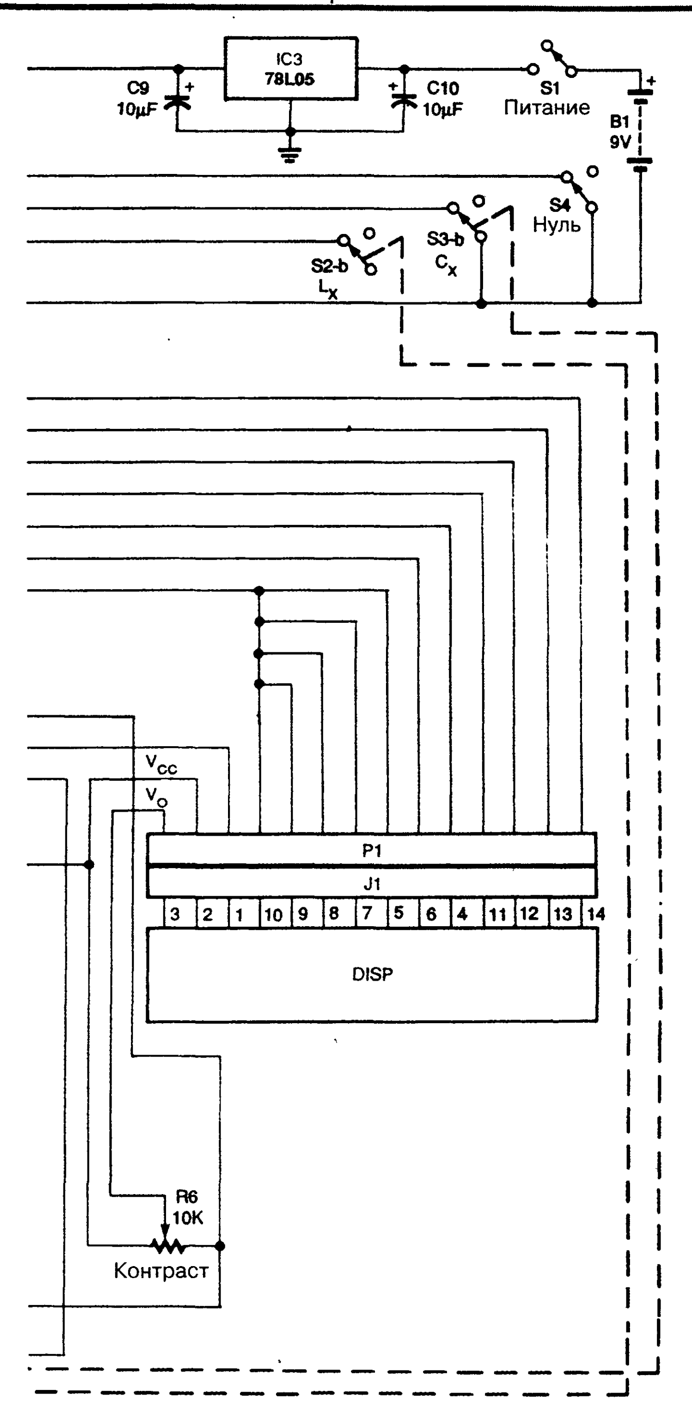


Рис. 55.13 (2 из 2)

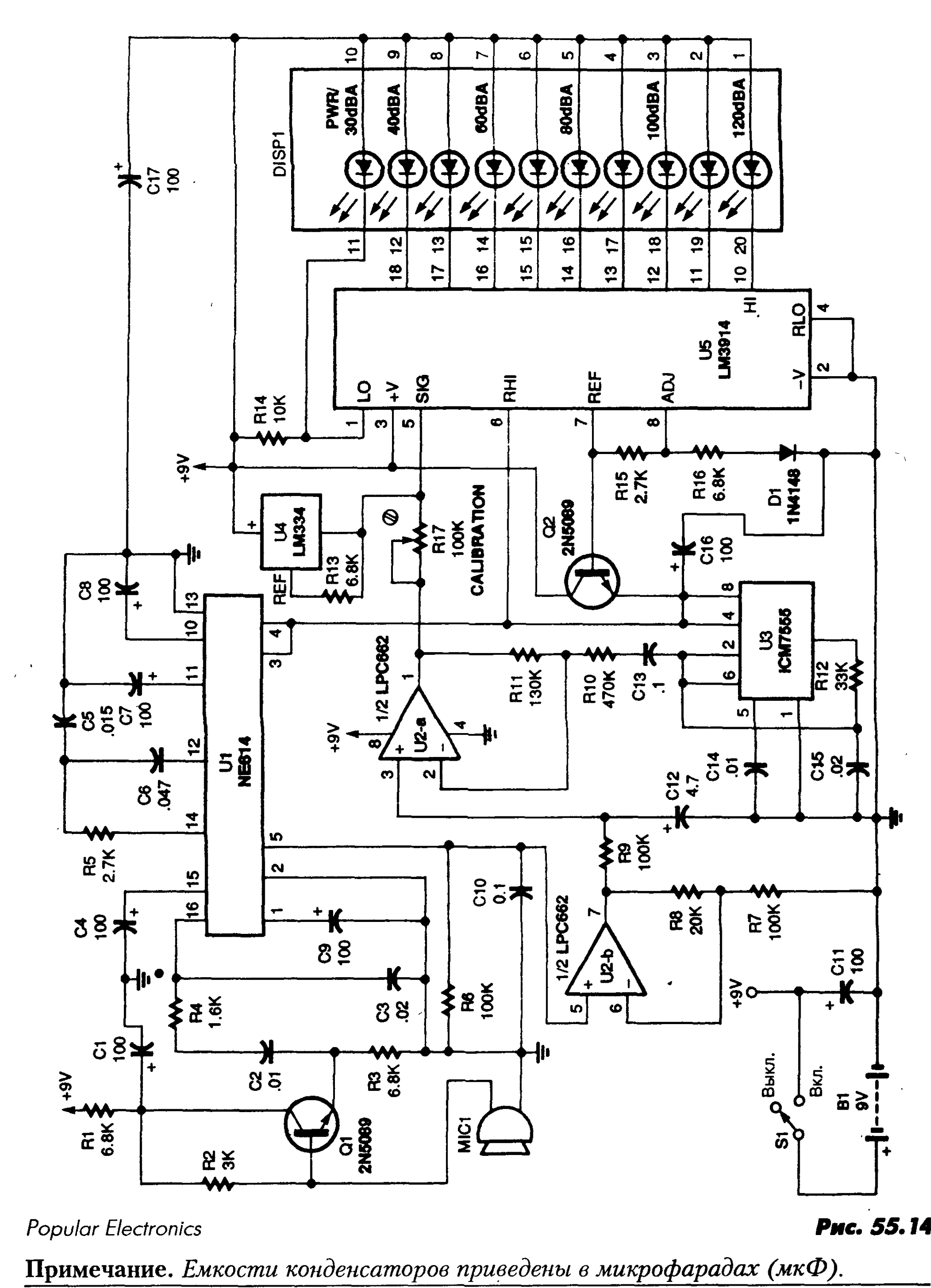
Листинг 1

```
INITIALIZE THE CPU AND I/O PORTS
INITIALIZE THE LCD DISPLAY
WHILE Lx OR Cx are ON
      DISPLAY "SWITCH ERROR"
WEND
(The computer cannot calibrate itself if Lx or Cx are on.  The unit
waits for the operator to clear the switches.)
DISPLAY "WAIT" (wait 10 seconds  for the oscillator to stabilize.)
CALIBRATE:
      DISPLAY "CALIBRATING"
      MEASURE F1
      SWITCH IN THE CALIBRATION CAPACITOR
      MEASURE F2
      SWITCH OUT THE CALIBRATION CAPACITOR
      COMPUTE C1=F2^2 / (F1^2 - F2^2) C2
      COMPUTE L1=1 / (4 p^2 F1^2 C1)
DO (loop continuously)
      IF Lx and Cx are OFF
            IF ZERO
                  GOTO CALIBRATE (re-calibrate the unit)
            ELSE
                  DISPLAY "READY" (ready to measure Lx,Cx,or be ZEROed)
                  MEASURE and STORE F1
            END IF
      ELSEIF Lx ON AND Cx OFF
            MEASURE F2
            IF ZERO ON
                  MEASURE and STORE F1
                  DISPLAY "0.000"
            ELSE (ZERO OFF)
                  COMPUTE Lx=(F1^2 / F2^2 -1) L1
                  DISPLAY "Lx="
                  DISPLAY VALUE in engineering units
            END IF
      ELSEIF Cx ON AND Lx OFF
            MEASURE F2
            IF ZERO ON
                  MEASURE and STORE F1
                  DISPLAY "0.000"
            ELSE (ZERO OFF)
                  COMPUTE Cx=(F1^2 / F2^2 -1) C1
                  DISPLAY "Cx="
                  DISPLAY VALUE in engineering units
            END IF
      ELSE (Lx and Cx both ON)
            DISPLAY "SWITCH ERROR"
      END IF
LOOP
```

элемент (к зажимам J2 и J3). Микросхема IC2 – это микроконтроллер типа PIC16C61, рассчитывающий параметр измеряемого элемента и выводящий полученное значение на индикатор. Микроконтроллер должен быть предварительно запрограммирован (соответствующая программа изложена в листинге 1).

ШУМОМЕР

Измеритель уровня громкости звука (рис. 55.14) питается от батареи B1 напряжением 9 В. Потребляемый ток составляет 14,5 мА, поэтому емкости алкалиновой батареи должно хватить примерно на 250 ч. Звуковые сигналы воспринимаются микрофоном MIC1, с выхода которого поступают на буферный каскад (Q1). Рабочий ток микрофона обеспечивается резистором R2 с сопротивлением 3000 Ом. Последовательное сопротивление, подключенное к выводу 16 микросхемы U1 типа NE614, равно 1600 Ом. Такая величина сопротивления выбрана с целью снижения усиления на высоких частотах и сохранения линейности прибора. Ток, характеризующий уровень сигнала на входе, протекает через резистор R6 и создает напряжение на выводе 5 микросхемы U1 (сигнал RSSI). Выходное напряжение RSSI представляет собой функцию уровня звукового давления на входе. Конденсатор C10 предназначен для фильтрации высокочастотных составляющих. Номинальный наклон кривой RSSI равен 0,084 V_{CC}/ 10 дБ. На основе операционного усилителя U2-b собрана схема масштабирования с коэффициентом 1,2. Умножение наклона кривой RSSI на коэффициент дает наклон 0,1 V_{CC}/ 10 дБ. В устройстве используется 10-ступенчатый светодиодный индикатор DISP1, позволяющий показывать уровень звука от 30 до 120 дБ (А) с приращениями по 10 дБ. Для управления этим индикатором используется микросхема U5 типа LM3914, драйвер линейного индикатора. Внутренний стабилизатор микросхемы U5 обеспечивает постоянное напряжение между выводами 7 и 8, равное 1,25 В, поэтому на цепочке R15, R16 и D1 напряжение составит ~4,5 В. Результирующее напряжение на эмиттере транзистора Q2 равно ~5 В. Оно применяется для питания микросхем U1 и U3 и цепочки внутреннего делителя напряжения микросхемы U5 на выводе 6. Каждый сегмент индикатора соответствует увеличению сигнала на 10 дБ независимо от точного значения амплитуды напряжения V_{CC}. Наклоны характеристик драйвера индикатора и сигнала RSSI имеют одинаковое значение, но могут различаться по смещению. Поэтому микросхема U4 (LM334) используется в качестве источника постоянного тока величиной 10 мкА, протекающего через сопротивление R17, чтобы создать фиксированное напряжение смещения (в точке наивысшего потенциала суммарного напряжения RSSI) на выходе микросхемы U2-а. Различия чувствительности микрофона можно компенсировать регулировкой сопротивления потенциометра R17 так, что показания индикатора будут соответствовать значениям от 30 до 120 дБ (А). Правильность показаний индикатора гарантируется также микросхемой таймера U3 типа ICM7555, которая включена как самовозбуждающийся генератор прямоугольных импульсов. Результирующий сигнал таймера частотой 1 кГц по размаху почти равен размеру одной ступени для индикатора DISP1.



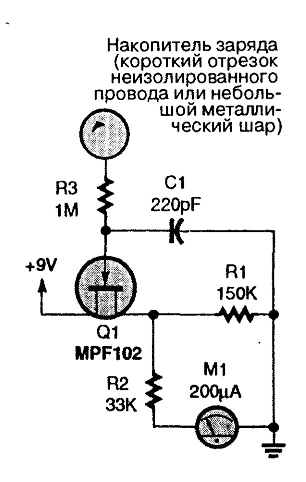
Popular Electronics

Рис. 55.14

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

СХЕМА ЭЛЕКТРОСКОПА

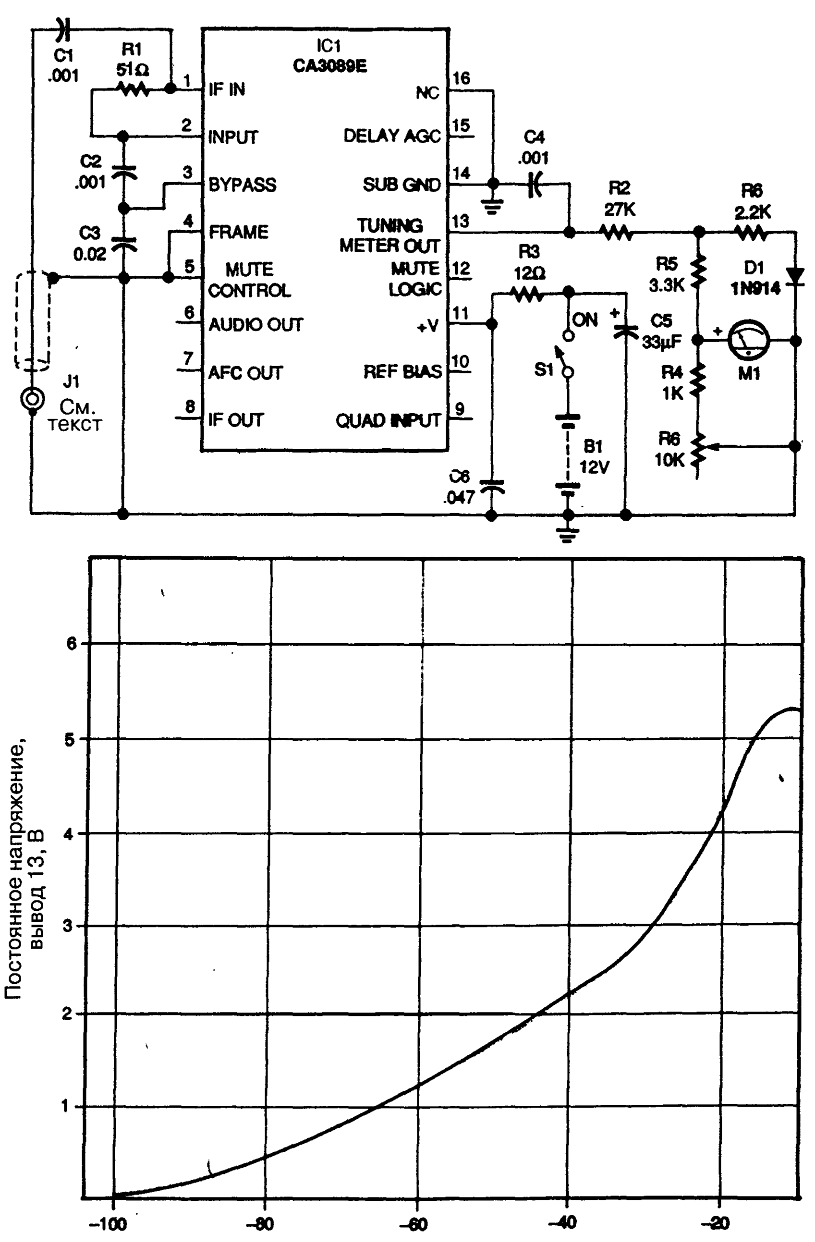
С помощью этой схемы можно обнаружить заряженный объект, находящийся на значительном удалении, показать полярность заряда (положительная, отрицательная или заземлено) и относительную степень заряженности. В процессе работы конденсатор C1 ослабляет шумы переменного тока, но при этом немного понижает чувствительность. Транзистор MPF102 и резистор R1 образуют делитель напряжения. Когда затвор полевого транзистора заземлен, выходной сигнал делителя напряжения будет равен ~4,5 В, давая примерно половинный отсчет по шкале прибора M1 – микроамперметра на 200 мкА. При положительно заряженном объекте (подобно стеклу, потертому о хлопок) стрелка прибора отклонится от середины шкалы в положительную сторону. Отрицательно заряженный объект (например, пластмассовая расческа) будет давать отрицательное отклонение стрелки. Вся схема (включая источник питания 9 В) должна быть помещена в металлический корпус.



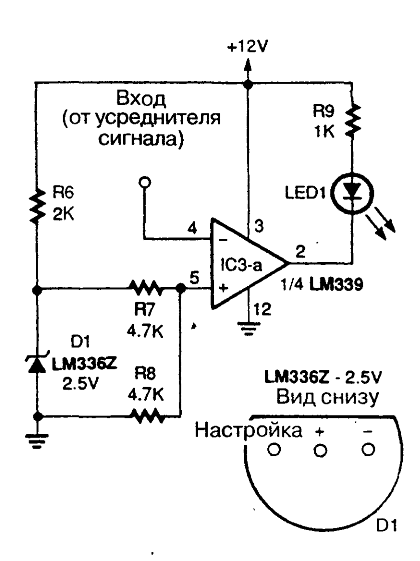
Popular Electronics **Рис. 55.15**

ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ СИГНАЛА В ДЕЦИБЕЛАХ

Измеритель состоит из микросхемы CA3089E, микроамперметра M1 на ток от 0 до 100 мкА, небольшого числа резисторов и конденсаторов и диода. Микросхема IC1 детектирует уровень сигнала и вырабатывает логарифмическую зависимость выходного сигнала постоянного тока. На диаграмме (рис. 55.16) показана зависимость постоянного напряжения на выходе микросхемы (вывод 13 IC1 нагружен на 33 кОм) от величины входного сигнала (в микровольтах) на входе IF IN (вывод 1), преобразованного в децибелы относительно 1 мВт (дБм). Для линеаризации верхнего края этой кривой диод D1 и резистор R6 шунтируют часть этого постоянного напряжения, если напряжение на выводе 13 поднимается выше 3 В. Использование блока батарей, состоящего из восьми алкалиновых элементов типа AA, делает прибор портативным и исключает возможность фоновых наводок на частоте 50/60 Гц, мешающих измерениям. Прибор потребляет всего 16 мА, поэтому продолжительность работы батареи велика. Измеритель позволяет производить точные измерения (отсчеты) до тех пор, пока напряжение блока батарей будет оставаться выше 8 В. Никакой стабилизации этого постоянного напряжения не требуется.


C1
.001
R1
51Ω
IC1
CA3089E
1 IF IN
2 INPUT
3 BYPASS
4 FRAME
5 MUTE CONTROL
6 AUDIO OUT
7 AFC OUT
8 IF OUT
16 NC
15 DELAY AGC
14 SUB GND
13 TUNING METER OUT
12 MUTE LOGIC
11 +V
10 REF BIAS
9 QUAD INPUT
C2
.001
C3
0.02
J1
См. текст
C4
.001
R2
27K
R6
2.2K
R3
12Ω
R5
3.3K
D1
1N914
ON
C5
33µF
S1
R4
1K
M1
R6
10K
B1
12V
C6
.047
Постоянное напряжение, вывод 13, В
1
2
3
4
5
6
–100
–80
–60
–40
–20
Уровень сигнала в децибелах выше 1 мВт (дБм), вывод 1

ПИКОВЫЙ ИНДИКАТОР

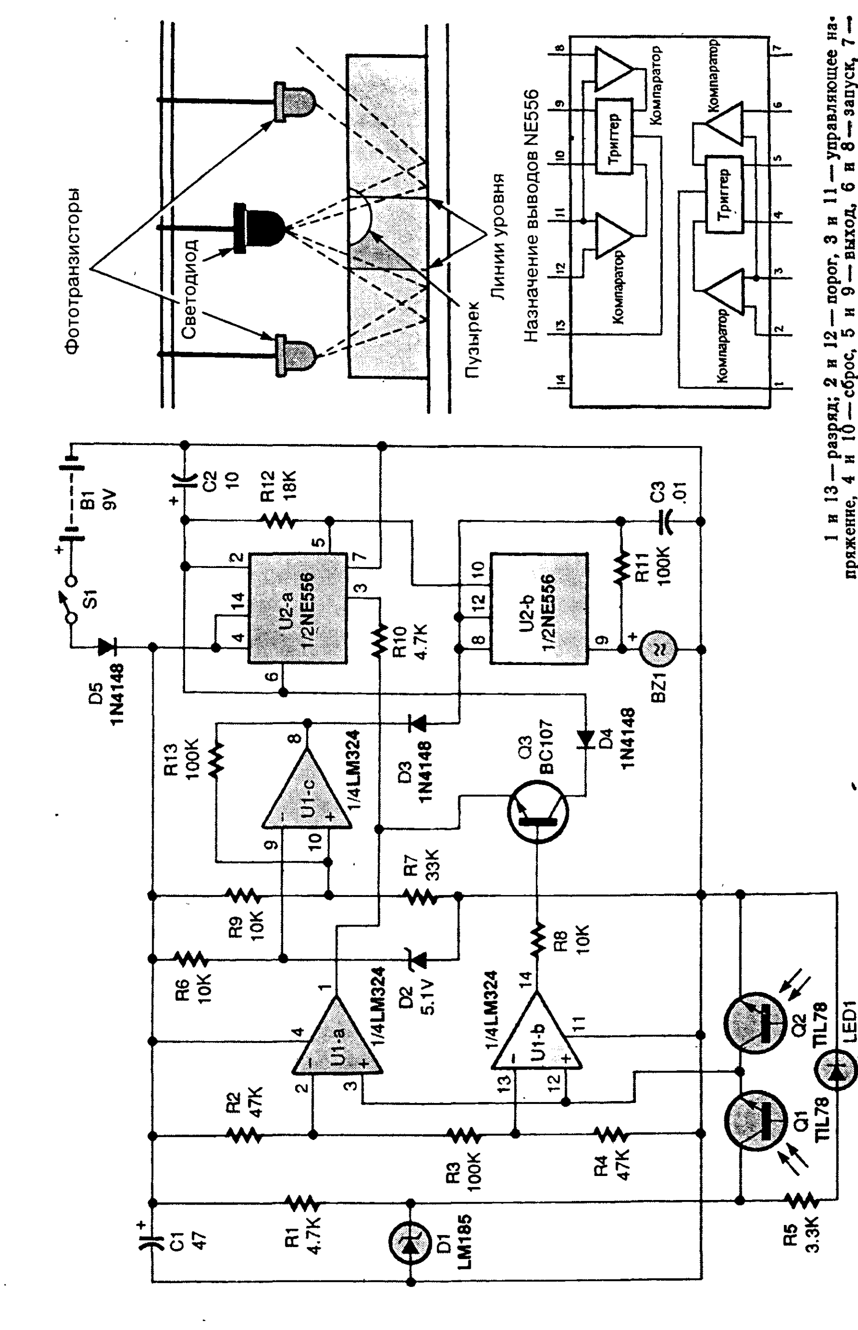


Electronics Now ***Рис. 55.17***

Пиковый индикатор выполнен на операционном усилителе (IC3-a), на вход которого подано опорное напряжение 1,25 В. Это напряжение формируется микросхемой (D1) прецизионного источника опорного напряжения, которая получает смещение через резистор R6. Опорное напряжение 2,5 В делится пополам резисторами R7 и R8. Как только напряжение на инвертирующем входе превышает опорное, выход компаратора переходит на низкий уровень, что приводит к зажиганию светодиода LED1. Если подключить вход этой схемы к выходу схемы усреднения, то светодиод будет вспыхивать в случаях, когда амплитуда входного сигнала превысит уровень, задаваемый потенциометром регулировки усиления. Отрегулировав усиление усреднителя при подаче на вход сигнала максимального уровня и немного снизив этот уровень, можно обеспечить некоторый запас. Установив таким образом уровень входного сигнала, настройкой потенциометра регулировки усиления добиваются, чтобы светодиод начал немного светиться. Конкретная схема усреднителя будет зависеть от назначения устройства.

СХЕМА ПЛОТНИЦКОГО УРОВНЯ СО ЗВУКОВОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

В устройстве для построения датчика использована оптическая схема: ИК лучи преломляются на пузырьке воздуха в ампуле со спиртом; если пузырек приблизится к фототранзистору, то на фототранзистор попадет меньшее количество света.



Popular Electronics

Рис. 55.18

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

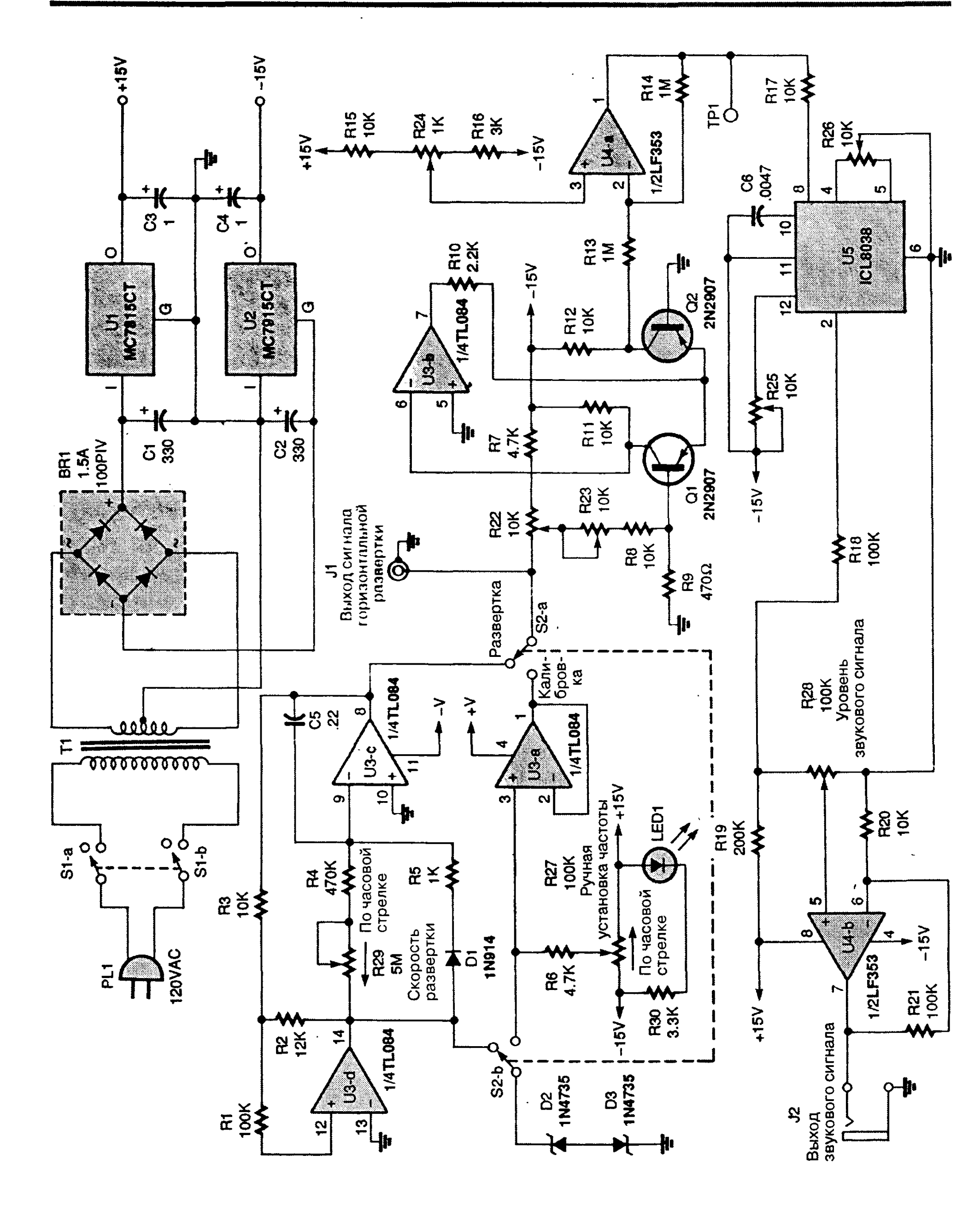
На рис. 55.18 приведена электрическая схема уровня со звуковой индикацией. В этой схеме потоки ИК-излучения, воспринятые фототранзисторами Q1 и Q2, преобразуются микросхемой U1 (операционные усилители) и сдвоенным таймером U2 в звуковой сигнал. При разных режимах работы этот сигнал может быть непрерывным и иметь постоянную частоту или же быстро или медленно прерываться. Для питания схемы используется батарея B1 напряжением 9 В. К сожалению, это имеет свои недостатки: по мере снижения напряжения питания отношение сопротивлений фототранзисторов будет изменяться. Для разрешения данной проблемы применяется опорный диод на 2,5 В типа LM185 (D1). Когда напряжение батареи снижается настолько, что точность определения уровня становится неудовлетворительной, звуковые сигналы затихают, указывая на необходимость замены батареи. Резисторы R2, R3 и R4 задают два уровня напряжения на инвертирующих входах операционных усилителей U1-a и U1-b. При смещении воздушного пузырька от среднего положения в сторону фототранзистора Q1 поток излучения увеличится у фототранзистора Q2. В этом случае напряжение в точке соединения фототранзисторов Q1 и Q2 будет близко к нулю. Таким образом, это напряжение окажется ниже пороговых напряжений, заданных на инвертирующих входах операционных усилителей, и оба выхода окажутся на низком уровне. Обе половины микросхемы сдвоенного таймера типа 556 представляют собой генераторы импульсов. Выходной сигнал таймера U2-a (работающего на низкой частоте) подается на вход RESET таймера U2-b (вывод 10). При активном состоянии таймера U2-a второй генератор, вырабатывающий тональный сигнал, включается и выключается, создавая требуемый прерывистый звук. Выход операционного усилителя U1-a через резистор R10 соединяется с входом управляющего напряжения (вывод 3) таймера U2-a. За счет этого расширяются или сокращаются пределы изменения напряжения на времязадающем конденсаторе C2, что приводит к изменению периода заряда/разряда и частоты колебаний. При низком уровне напряжения на выходе ОУ U1-a генерируются импульсы высокой частоты. Выход ОУ U1-b также находится на низком уровне, вследствие чего транзистор Q3 выключен. При перемещении пузырька к среднему положению напряжение в точке соединения фототранзисторов Q1 и Q2 повышается. Когда напряжение на выводе 12 ОУ U1-b становится выше напряжения, приложенного к выводу 13 (инвертирующий вход), транзистор Q3 включается. Так как выход ОУ U1-a еще находится на низком уровне, то таймер U2-a блокируется и не работает в качестве генератора низкой частоты. Поскольку вход запуска таймера U2-a (вывод 6) удерживается на низком уровне, его выход имеет высокий уровень, что приводит к генерированию постоянного тона таймером U2-b. И наконец, когда пузырек смещается от среднего положения в сторону фототранзистора Q2, большую часть излучения принимает фототранзистор Q1, и выход ОУ U1-a переходит на высокий уровень. При этом прекращается протекание тока через транзистор Q3. Одновременно напряжение на входе управляющего напряжения (вывод 3) таймера U2-a увеличивается, и вновь возникает пульсирующий тональный сигнал, но с более низкой частотой.

Схема, собранная на ОУ U1-c, предназначена для предупреждения о разряженной батарее. При нормальном напряжении питания выход ОУ U1-c находится на

высоком уровне. Когда напряжение батареи снижается до ~6 В, напряжение на неинвертирующем входе уменьшается, и выход ОУ переходит на низкий уровень (при наличии положительной обратной связи через резистор R13) и выключает таймер U2-b.

ИСПЫТАТЕЛЬ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Генератор линейно изменяющегося напряжения (ОУ U3-с и U3-d) собран на основе микросхемы счетверенного операционного усилителя. Если переключатель S2 находится в положении «Развертка» (как показано на рис. 55.19), то на выход операционного усилителя U3-d подается потенциал низкого уровня. Стабилитроны D2 и D3 ограничивают этот выходной сигнал до напряжения, равного примерно –7 В. Такое напряжение складывается из напряжения стабилитрона D3 (6,2 В) и прямого падения напряжения на диоде D2. Благодаря внутренней защите операционного усилителя от короткого замыкания, ток стабилитрона ограничивается до нескольких миллиампер. В связи с тем что напряжение на выходе операционного усилителя U3-d отрицательно, интегратор на ОУ U3-с генерирует линейно нарастающее напряжение в положительном направлении со скоростью, определяемой сопротивлением резисторов R4 и R29 и емкостью конденсатора С5. Часть этого сигнала подается обратно на неинвертирующий вход ОУ U3-d. Поскольку данный ОУ работает, по существу, как компаратор с заземленным инвертирующим входом, его выходной сигнал переключится в положительное состояние, как только напряжение на неинвертирующем входе пересечет нулевой уровень. В результате получится пилообразный сигнал с размахом >10 В. Этого более чем достаточно для подачи на вход горизонтальной развертки практически любого осциллографа. Далее такое линейно изменяющееся напряжение подвергается коррекции по уровню и по смещению за счет резисторов R7, R8, R9, R22 и R23 и подается на базу транзистора Q1. Транзисторы Q1 и Q2, связанные по цепи эмиттера, в комбинации с операционным усилителем U3-b реализуют «антилогарифмическую» передаточную функцию. Выходной сигнал на коллекторе транзистора Q2 будет находиться в логарифмической зависимости по отношению к входному сигналу, изменяясь на несколько вольтов всякий раз при изменении входного напряжения в пределах одной декады. Далее ОУ U4-а инвертирует полярность сигнала, чтобы он начинался с высокого уровня, а заканчивался низким. Это необходимо, поскольку частота выходного сигнала функционального генератора (микросхема U5) обратно пропорциональна напряжению на его входе. Такой функциональный генератор на микросхеме типа ICL8038 вырабатывает синусоидальные колебания постоянной амплитуды, а также сигналы треугольной и прямоугольной формы на частоте от 20 Гц до 20 кГц. Частота его колебаний обратно пропорциональна напряжению на входе, поэтому подача на его вход сигнала от схемы логарифмической развертки приведет к возникновению логарифмически пропорциональной развертки по частоте в полосе шириной три декады. Синусоидальный



Electronics Hobbyists Handbook **Рис. 55.19**

Примечание. *Емкости конденсаторов приведены в микрофарадах (мкФ).*

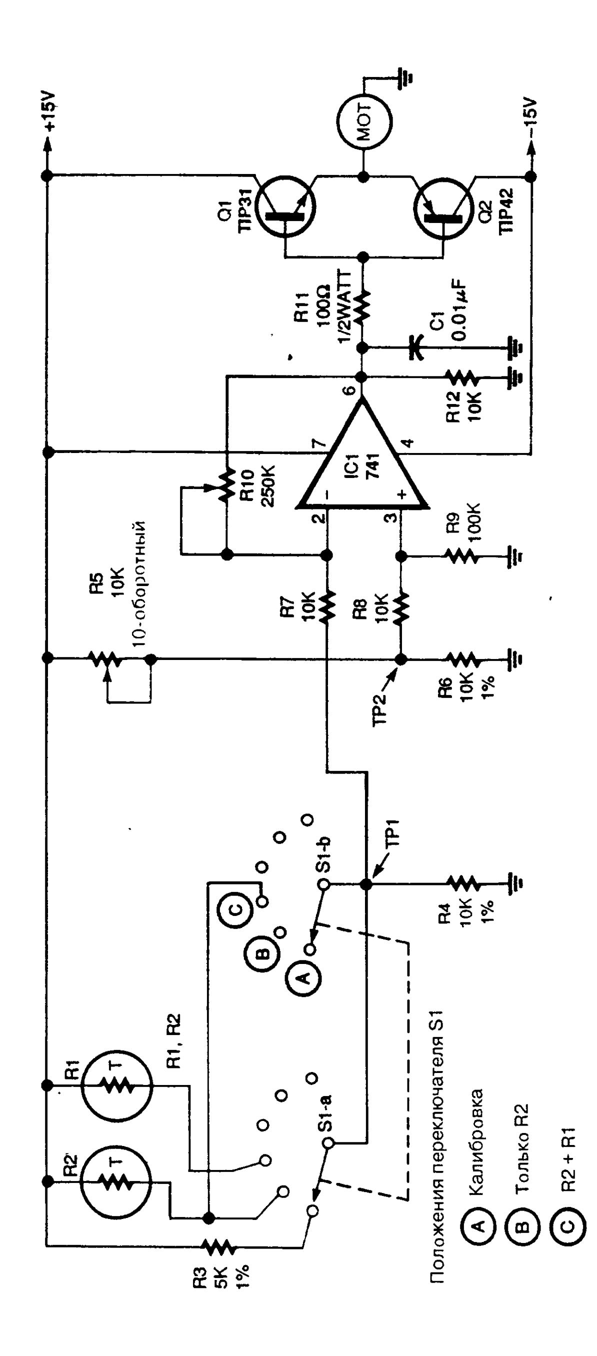
выходной сигнал от микросхемы U5 подается на делитель напряжения на резисторах R18 и R19, который восстанавливает нулевое смещение по постоянному току. С этого делителя сигнал подается на потенциометр R28 для регулировки уровня выходного сигнала и далее направляется на буферный каскад (U4-b) для увеличения амплитуды и повышения нагрузочной способности по току. Размах выходного сигнала может изменяться в пределах от 0 до ≥10 В.

ЛЕНТОЧНЫЙ САМОПИСЕЦ ИЗ СТАРОГО ПРИНТЕРА

Переделать устаревший принтер от компьютера в ленточный самописец можно и просто, и недорого. Такой ленточный самописец работает путем сравнения напряжения на потенциометре с напряжением на терморезисторе, сопротивление которого зависит от температуры. Потенциометр механически связан с кареткой принтера, пишущий узел также соединен с ней. Любое различие в напряжениях потенциометра и температурного датчика заставляет операционный усилитель попытаться снова привести напряжения к состоянию баланса. В процессе этой балансировки каретка печатающей головки перемещается влево или вправо, оставляя соответствующий след на бумаге. В качестве компаратора используется стандартный операционный усилитель типа 741, который следит за напряжениями в точках схемы, отмеченных как TP1 и TP2, и сравнивает их. Если напряжения на входах (выводы 2 и 3) одинаковы, то выходной сигнал операционного усилителя (вывод 6) равен нулю, поэтому ни один из выходных транзисторов (Q1 и Q2) не включается и двигатель не вращается. Но если сопротивление терморезистора R2 изменяется из-за изменений температуры воздуха (для примера предположим, что сопротивление R2 уменьшается), то на инвертирующем входе ОУ (вывод 2) напряжение увеличивается, а напряжение на выходе операционного усилителя уменьшается, создавая открывающее смещение для транзистора Q2. Это, в свою очередь, приводит к запуску двигателя, который смещает каретку влево или вправо. Потенциометр R5 также связан с кареткой, так что, когда каретка занимает новое положение, движок потенциометра R5 перемещается, изменяя напряжение на неинвертирующем входе ОУ IC1. Когда напряжения на входах ОУ сравниваются, выходной сигнал спадает до нуля, оба транзистора закрываются и двигатель останавливается. Схема остается в покое до очередного изменения температуры.

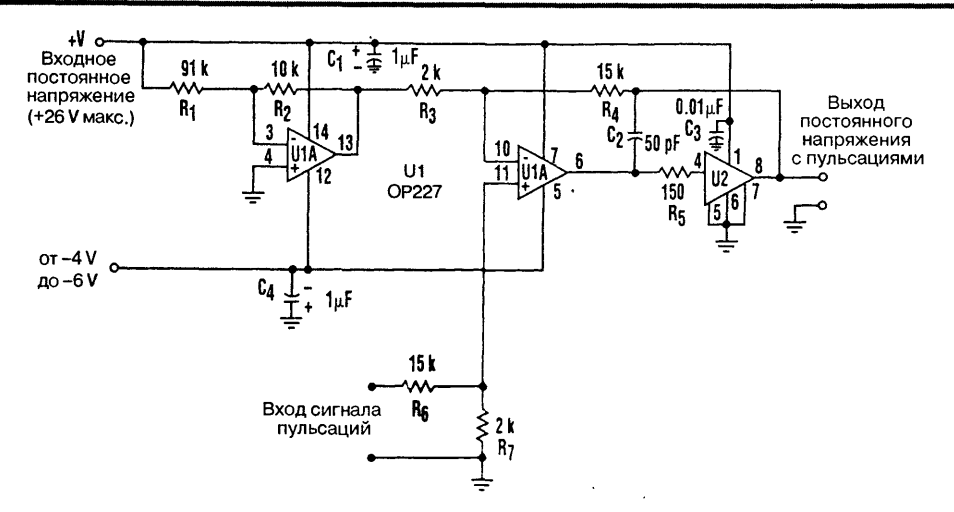
ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ С ПУЛЬСАЦИЯМИ

В некоторых случаях при испытании устройств требуется подать на них постоянное напряжение с наложенными на него пульсациями. Эту задачу может решить предлагаемая схема. Напряжение питания, подаваемое на входную клемму +V, должно быть на ~20% выше требуемого выходного напряжения и быть хорошо



Electronics Now

Рис. 55.20

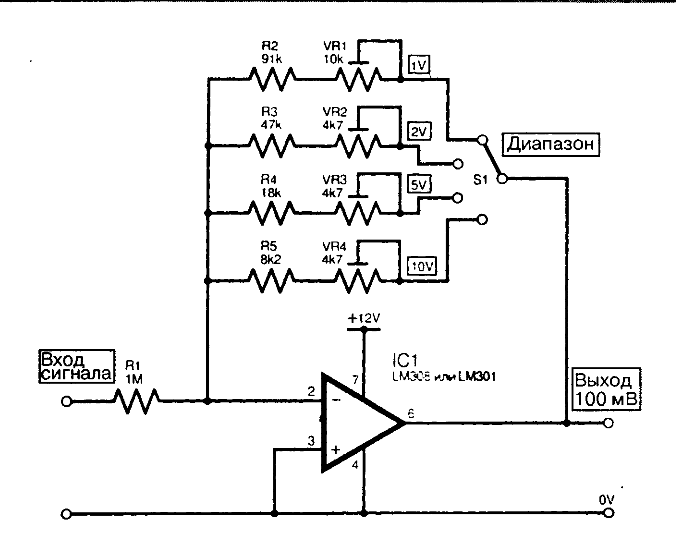


Electronic Design **Рис. 55.21**

стабилизированным, поскольку оно непосредственно преобразуется в выходное напряжение. К входу сигнала пульсаций нужно подключить функциональный генератор, обеспечивающий необходимую частоту, амплитуду и форму колебаний. Вследствие погрешностей резисторов при проверке выходного напряжения может потребоваться его окончательная подстройка. Микросхема U2 (типа OPA633 или HA5033) может работать на емкостную нагрузку при условии, что сумма постоянного тока и пикового значения переменного тока не будет превышать 200 мА. Частотная характеристика данной схемы при размахе выходного напряжения 5 В начинается от постоянного тока и имеет ширину более 100 кГц. Резистор R5 и конденсатор C3 должны быть расположены максимально близко к микросхеме U2. При необходимости изменения соотношения между входным и выходным напряжениями номинал сопротивления R1 может быть другим.

РАСШИРИТЕЛЬ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ ДИАГРАММНОГО САМОПИСЦА

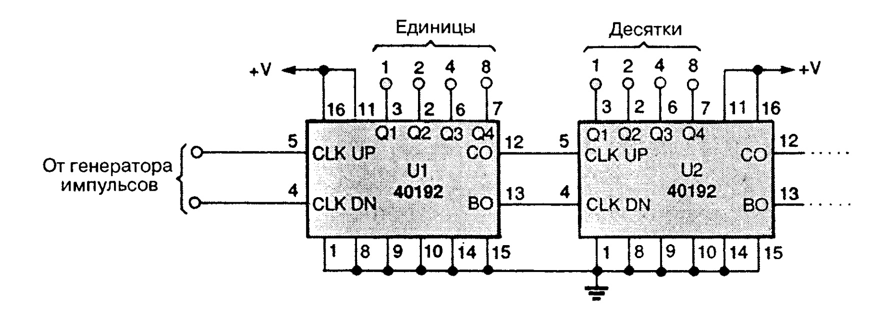
Данная схема предназначена для доработки лабораторного самописца с чувствительностью 100 мВ (на полную шкалу). Простым поворотом переключателя его можно перевести на работу с входными напряжениями 1, 2, 5 или 10 В. Операционный усилитель IC1 включен по схеме инвертирующего усилителя, сопротивление цепи обратной связи которого намного меньше сопротивления на входе (R1), поэтому выходное напряжение будет составлять часть напряжения входного сигнала. Переключатель диапазонов S1 выбирает одно из четырех сопротивлений обратной связи, причем каждое состоит из постоянного металлопленочного резистора и 20-оборотного металлокерамического подстроечного потенциометра. Он



Everyday Practical Electronics **Рис. 55.22**

регулируется таким образом. чтобы получить выходной сигнал 100 мВ при предельном входном напряжении выбранного диапазона. Например, потенциометр R2 должен настраиваться при входном напряжении 2 В так, чтобы получить на выходе напряжение 100 мВ. Остальные диапазоны настраиваются аналогично.

СХЕМА СЧЕТА ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВАЛ–ЧИСЛО



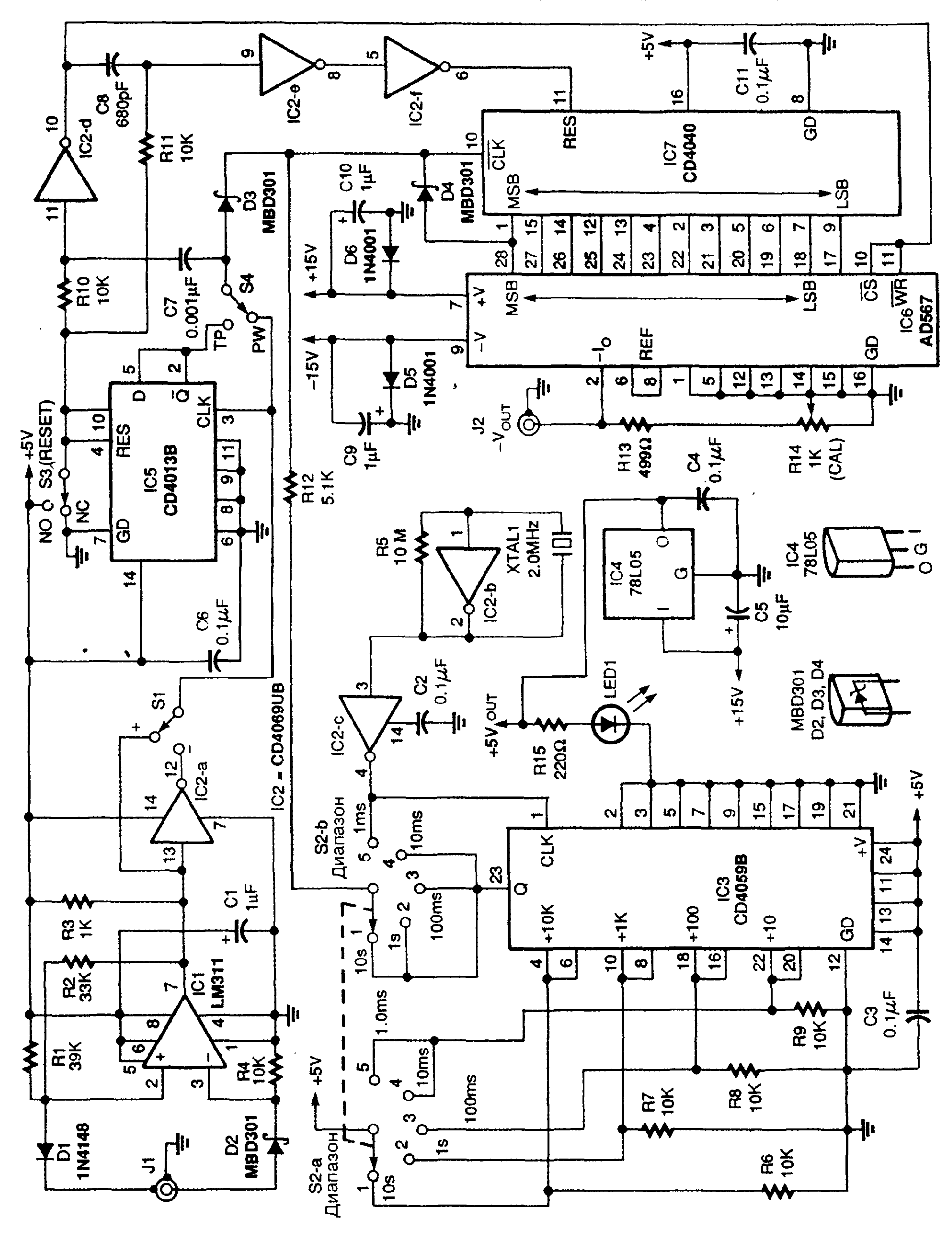
Popular Electronics **Рис. 55.23**

Для подсчета выходных импульсов схем датчиков можно использовать двоично-десятичные реверсивные счетчики, в частности счетчик типа 4092. В результате

их применения получается двоично-кодированное десятичное число. Эти счетчики имеют раздельные входы для прямого (суммирующего – CLK UP) и обратного (вычитающего – CLK DN) счета. Например, как только вход сигнала разрешения счета COUNT (вывод 11) достигнет высокого уровня, счетчик начнет увеличивать свое показание на единицу при каждом положительном перепаде напряжения на входе CLK UP (вывод 5) и уменьшать на единицу при каждом положительном перепаде напряжения на входе CLK DN (вывод 4). Такие счетчики можно подключать, последовательно соединив выход сигнала заема BO (вывод 13) с вычитающим входом следующего счетчика CLK DN, а выход сигнала переноса CO (вывод 12) с суммирующим входом следующего счетчика.

АДАПТЕР ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОМЕЖУТКОВ ВРЕМЕНИ И ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ

Эта схема (рис. 55.24) позволяет производить измерения промежутков времени с помощью цифрового мультиметра. Микросхема IC1 (компаратор типа LM311) преобразует параметры входного сигнала для дальнейшего использования в схеме 5-вольтовой логики. Логический входной сигнал подается на микросхему IC7 (12-разрядный КМОП двоичный счетчик типа CD4040B) для измерения длительности импульса (PW). А для измерения периода времени (TP) сигнал поступает через микросхему IC5, представляющую собой сдвоенный триггер. Инвертор микросхемы IC2 типа CD4069UB (модуль из шести КМОП инверторов) вырабатывает прецизионную последовательность импульсов с кварцевой стабилизацией на частоте 2,0 МГц для подачи на микросхему IC3 (КМОП счетчик-делитель на N). Он делит частоту импульсов на 10, 100, 1000 или на 10000, чтобы перекрыть пять диапазонов, выбираемых поворотным переключателем S2. Прохождение выходного сигнала делителя управляется импульсом, поступающим на вход микросхемы IC7 через резисторно-диодный логический элемент ИЛИ-НЕ. Микросхема IC4 (стабилизатор напряжения типа 78L05) вырабатывает напряжение +5 В для питания схемы, инверторы IC2-d, IC2-e и IC2-f обеспечивают подачу в нужное время сигнала RESET на микросхему IC7 и сигнала на микросхему IC6 (цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) типа AD567) – главный элемент этого адаптера. Микросхема ЦАП преобразует 12-разрядный цифровой код с микросхемы IC7 в отрицательный выходной ток, который резисторами R13 и R14 преобразуется в отрицательное напряжение. Это напряжение затем поступает на цифровой мультиметр через гнездо J2 по витой паре проводов, заканчивающейся с одной стороны звуковым штекером, а с другой – штекером, требующимся для цифрового мультиметра.

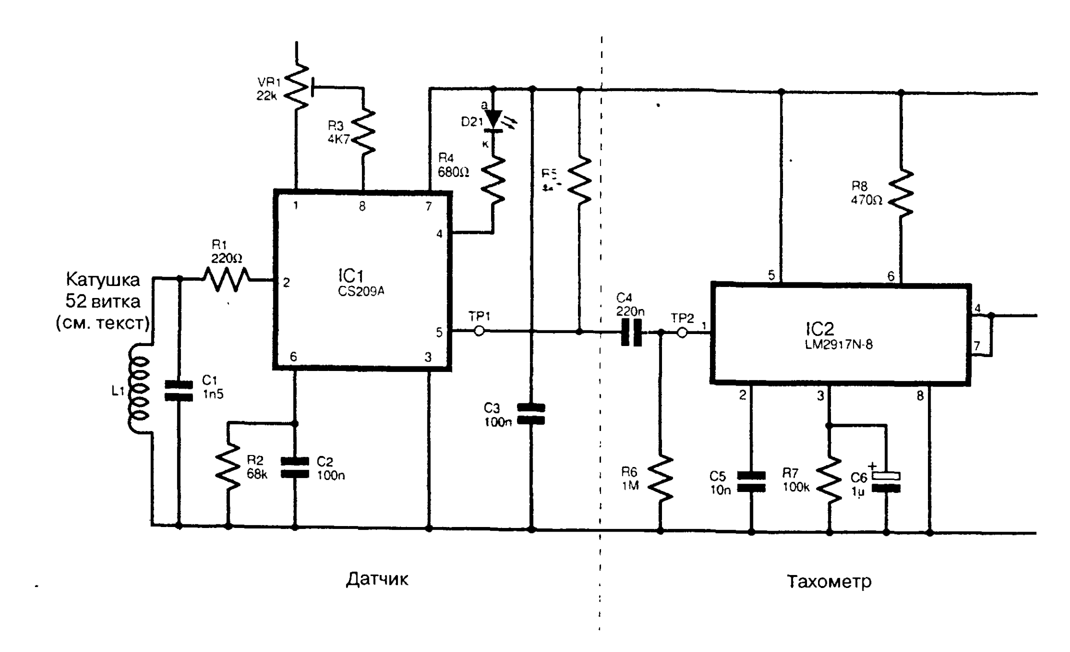


D1 1N4148
R1 39K
R2 33K
R3 1K
IC1 LM311
C1 1uF
D2 MBD301
R4 10K
J1
IC2-a
S1
C6 0.1μF
IC2 = CD4069UB
NO
S3 (RESET)
NC
+5V
IC5 CD4013B
GD
RES
D
Q̄
CLK
C7 0.001μF
TP
PW
S4
D3 MBD301
R10 10K
IC2-d
C8 680pF
R11 10K
IC2-e
IC2-f
R12 5.1K
S2-a Диапазон
S2-b Диапазон
10s
1s
100ms
10ms
1.0ms
1ms
IC2-c
C2 0.1μF
R5 10 M
IC2-b
XTAL1 2.0MHz
+5V OUT
R15 220Ω
LED1
IC4 78L05
C4 0.1μF
C5 10μF
+15V
–15V
C9 1μF
D5 1N4001
D6 1N4001
C10 1μF
D4 MBD301
J2
–V OUT
R13 499Ω
R14 1K (CAL)
IC6 AD567
–V
+V
MSB
LSB
REF
–Io
CS̄
WR̄
IC7 CD4040
CLK̄
C11 0.1μF
IC3 CD4059B
Q
+10K
+1K
+100
+10
R7 10K
R8 10K
R9 10K
R6 10K
C3 0.1μF
MBD301 D2, D3, D4
O G I

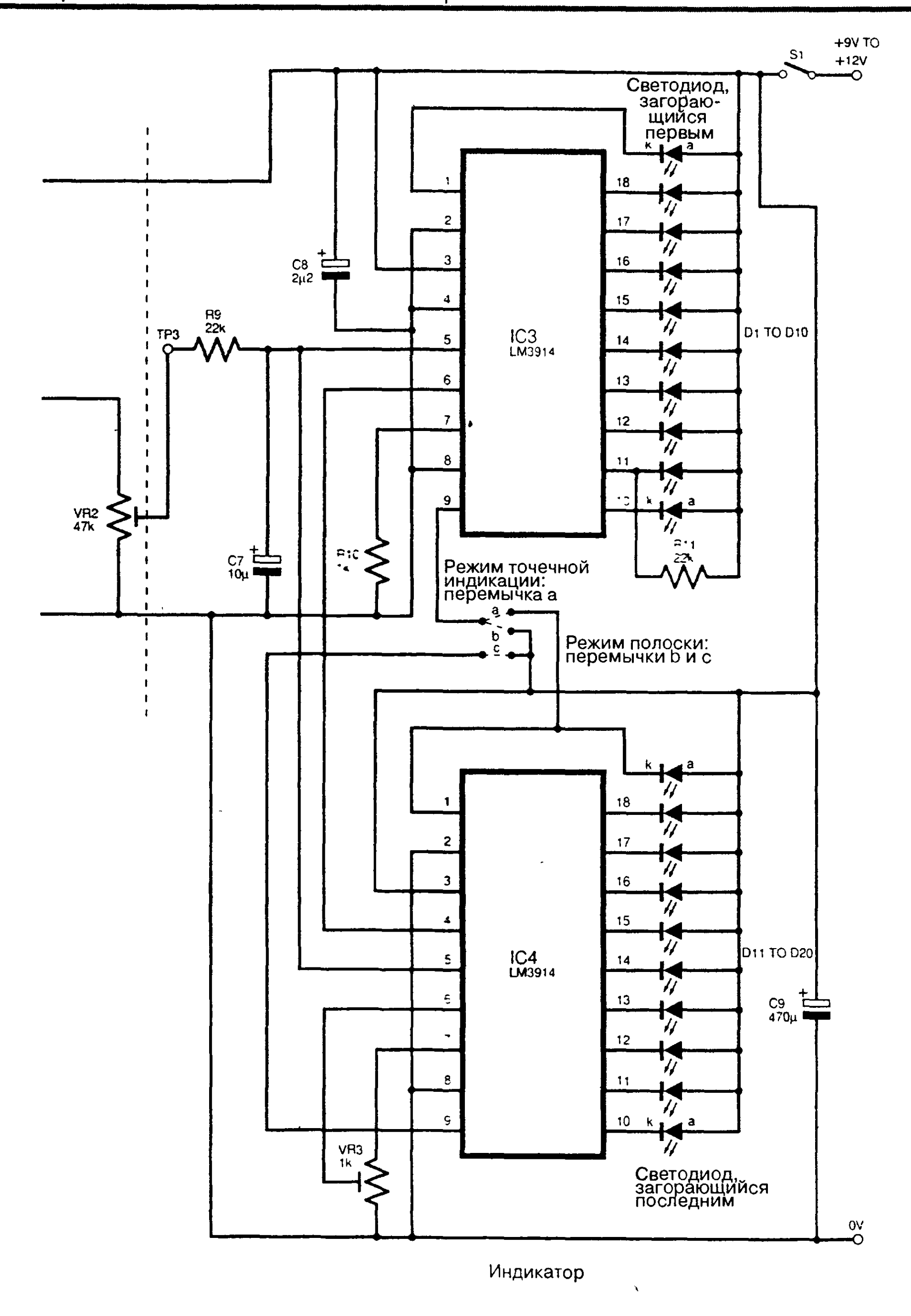
Рис. 55.24

8*

СХЕМА СПИДОМЕТРА ДЛЯ ВЕЛОСИПЕДА



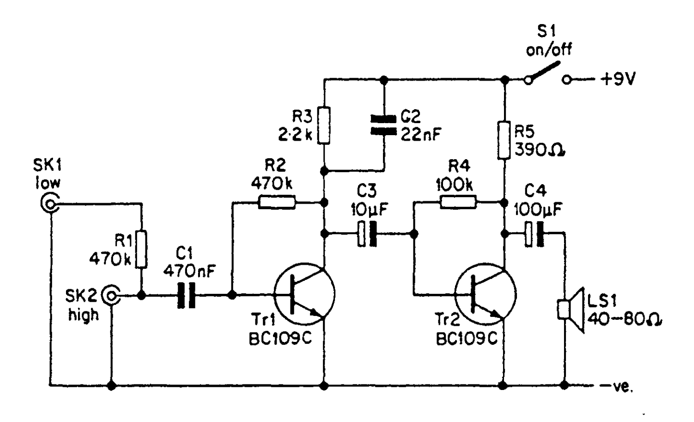
Спидометр (рис. 55.25) состоит из светодиодного дисплея, тахометра и датчика. Датчик индуктивного типа фиксирует прохождение кусочков фольгированной печатной платы вблизи катушки L1. При вращении колеса формируется выходной сигнал с четким переходом между высоким и низким уровнями напряжения, который является идеальным для запускающих или обрабатывающих схем. Далее следует преобразователь частоты в напряжение. Так как требуется высокий уровень точности, была выбрана микросхема LM2917N-8. Сигнал с ее выхода подается на две микросхемы управления линейным индикатором, к которым подключено по 10 светодиодов.



Индикатор

Рис. 55.25

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРОХОЖДЕНИЯ СИГНАЛА

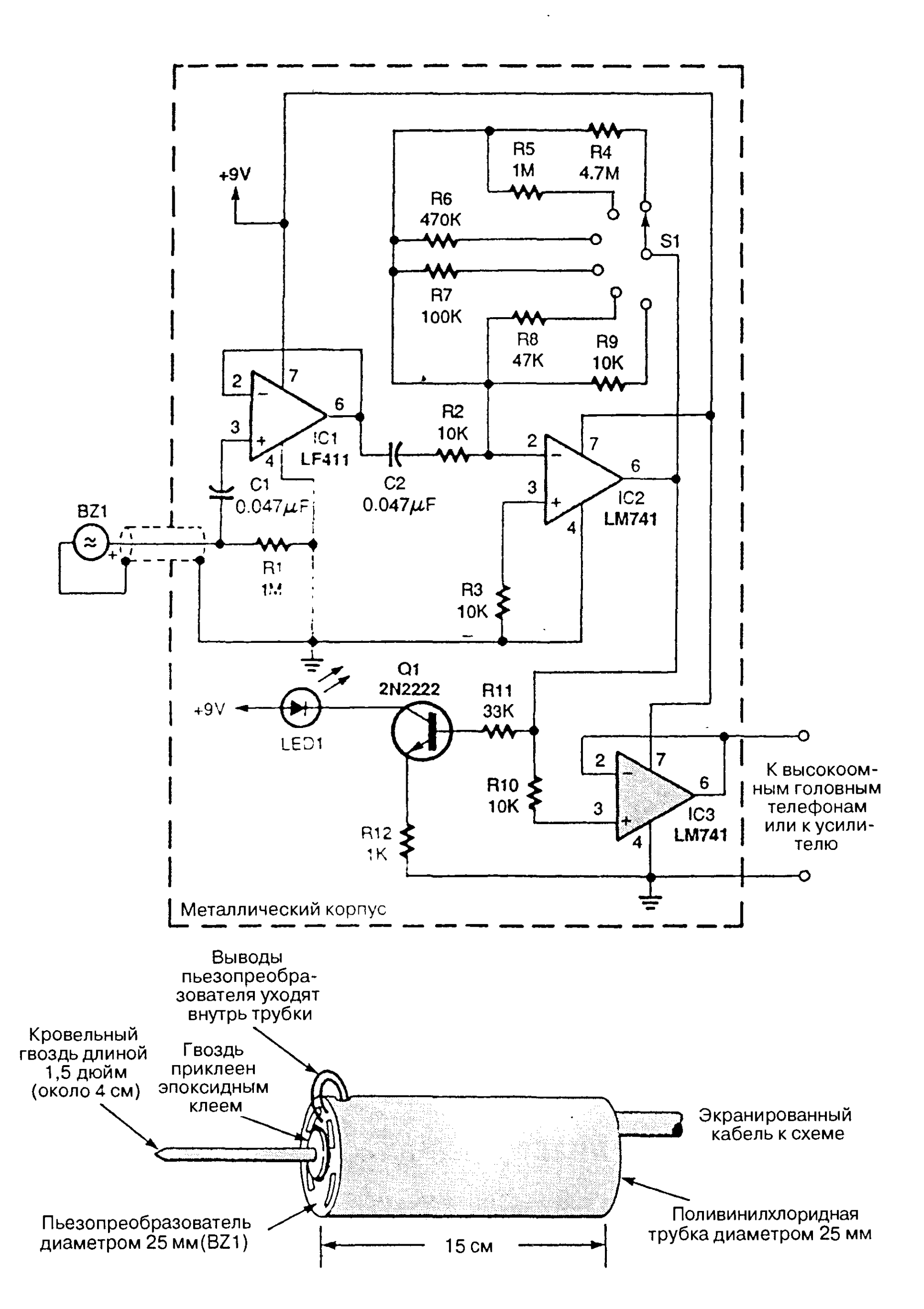


Electronic Experimenters Handbook **Рис. 55.26**

Прибор обладает хорошей чувствительностью, поэтому его допустимо использовать в любых трактах звукового сигнала. Схема обеспечивает также демодуляцию АМ сигнала, следовательно, может применяться и для проверки ПЧ и РЧ трактов АМ радиоприемников при наличии достаточно сильного сигнала от антенны. В приборе имеется встроенный громкоговоритель, и, хотя максимальная выходная мощность составляет всего несколько десятков милливатт, получаемого при этом уровня громкости более чем достаточно для данного применения. При желании громкоговоритель можно заменить наушником или головными телефонами. Для данной схемы подойдут головные телефоны с низким, средним или высоким сопротивлением.

ЭЛЕКТРОННЫЙ СТЕТОСКОП

Большая часть электронных стетоскопов основана на использовании конструкций с микрофонами. В этой конструкции (рис. 55.27) применяется дисковый пьезоэлектрический преобразователь. В центре верхней поверхности пьезодиска с помощью «пятиминутного» эпоксидного клея нужно приклеить кровельный гвоздь. Не скупитесь на эпоксидный клей, нанесите дополнительно каплю клея поверх шляпки гвоздя. Затем эпоксидным клеем прикрепите внешний ободок нижней поверхности диска к отрезку поливинилхлоридной трубки диаметром 25 мм и длиной ~15 см, который будет использоваться в качестве ручки. Далее подключите к выводам пьезодиска экранированный кабель и закрепите его внутри «ручки». Сигнал от пьезодиска передается по кабелю на вход микросхемы IC1, операционного усилителя LF411 с входом на полевых транзисторах, играющего роль

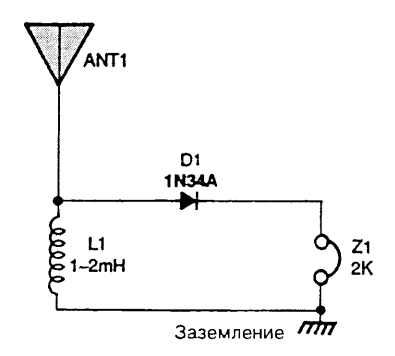


Popular Electronics

Рис. 55.27

буферного каскада. С выхода этого каскада сигнал подается на микросхему IC2, операционный усилитель LM741, на основе которого собран каскад с большим усилением. Поворотный переключатель S1 и резисторы R4-R9 предназначены для задания коэффициента усиления, но вместо них можно использовать также потенциометр. Выходной сигнал этого усилителя поступает на микросхему IC3 (оконечный буферный каскад) и на транзистор Q1. С выхода микросхемы оконечного буферного каскада IC3 LM741 сигнал подается на высокоомные головные телефоны или на небольшой усилитель звуковой частоты на базе микросхемы LM386. Для питания схемы используются две раздельные батареи по 9 В.

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ПРОБНИК РАДИОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА

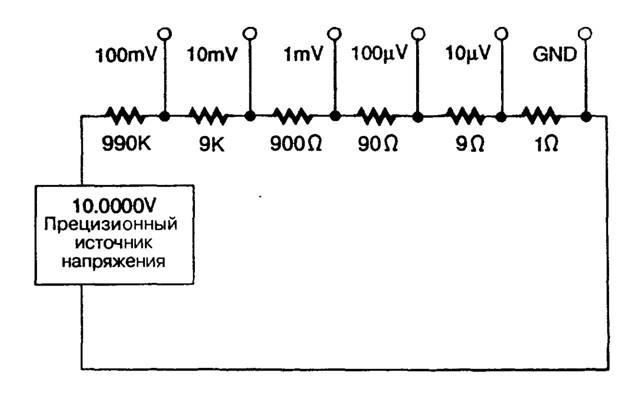


Popular Electronics **Рис. 55.28**

Эта схема может быть полезна при экспериментах с детекторными приемниками для оценки качества антенны и заземления. Если в головных телефонах слышны какие-либо сигналы, то, видимо, детекторный приемник сможет работать с данными антенной и заземлением.

ДЕЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

Делитель напряжения, будучи подключен к источнику эталонного напряжения 10 В, вырабатывает малые постоянные напряжения. При необходимости получения других напряжений значения резисторов могут быть пропорционально изменены.



Electronics Now **Рис. 55.29**

ГЛАВА 56
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ МОЩНОСТИ

СХЕМА КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ

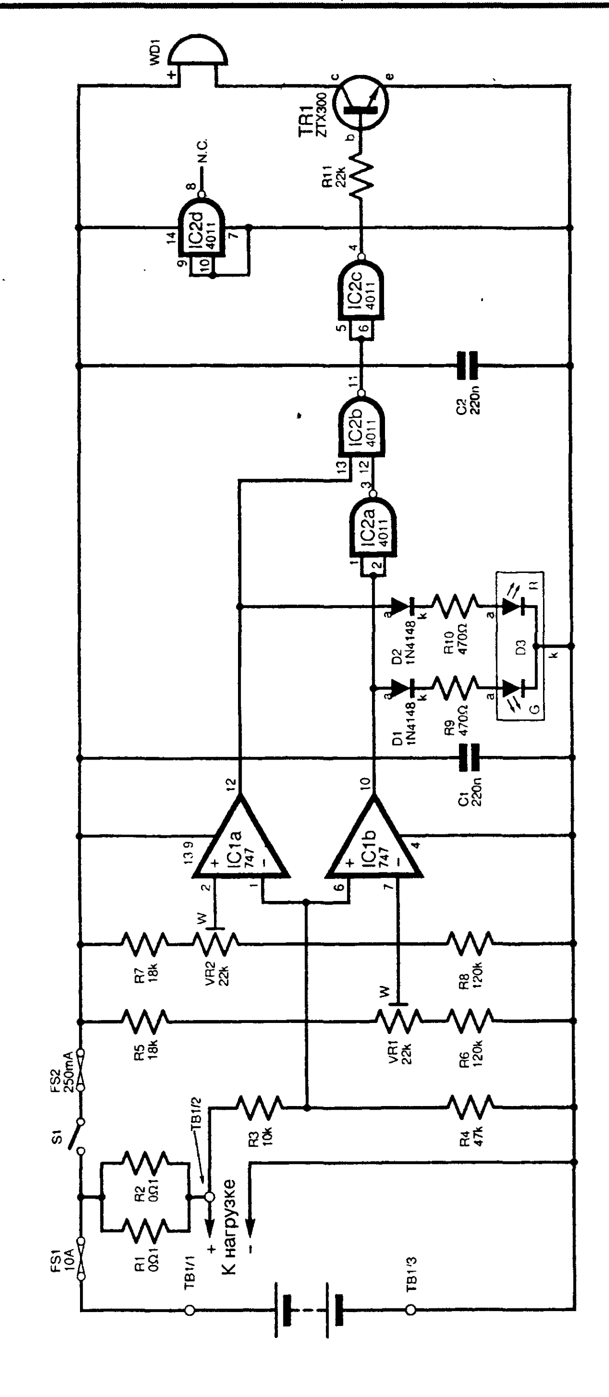
Данная схема (рис. 56.1) представляет собой, по существу, амперметр, в котором для вывода результатов измерения тока используется трехцветный светодиод: он излучает зеленый свет при малом потреблении тока, желтый – при среднем (приемлемом для временного подключения большой нагрузки, такой как водяной насос). Красный свет указывает на то, что нагрузка чрезмерно велика и ее необходимо немедленно отключить. При красном сигнале подается также и звуковое предупреждение. Схема смонтирована в небольшом металлическом корпусе, на передней панели которого расположен светодиод. Для внешних соединений используется расположенная внутри корпуса контактная колодка.

Внимание: данная схема не должна использоваться в системах с током потребления более 10 А.

Несмотря на это следует отметить, что значения токов, при которых появляются различные цвета свечения светодиода, без труда могут регулироваться. В приборе-прототипе ток ниже 2 А считался низким, ток от 2 до 4 А – средним, а ток >4 А – высоким. Если при таких пороговых уровнях придерживаться во время работы режимов с зеленым свечением светодиода, то при питании от стандартной батареи емкостью 60 А•ч продолжительность работы составит минимум 20 ч.

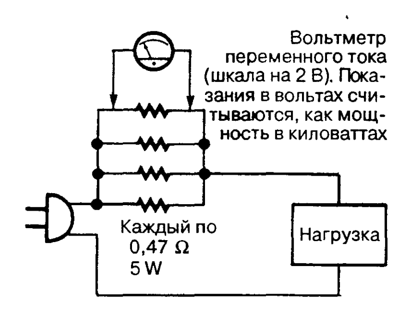
СХЕМА ВАТТМЕТРА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Настоящий ваттметр (рис. 56.2) представляет собой достаточно сложный прибор. Но если все измерения мощности предполагается производить при одном и том же напряжении питания (120 В переменного тока), а нагрузки являются активными (такими, как лампы накаливания, нагреватели или электродвигатели под нагрузкой), то можно просто пропустить ток через сопротивление величиной 0,12 Ом (четыре параллельно соединенных резистора по 0,47 Ом, 5 Вт), подключить к этому сопротивлению вольтметр переменного тока и считывать показания в вольтах, как в киловаттах. То есть каждый вольт падения напряжения на этом сопротивлении соответствует мощности 1000 Вт (и току 8 А), потребляемой нагрузкой. Необходимо помнить, что щупы вольтметра находятся под напряжением; нужно использовать изолированные гнезда для штекеров, чтобы исключить



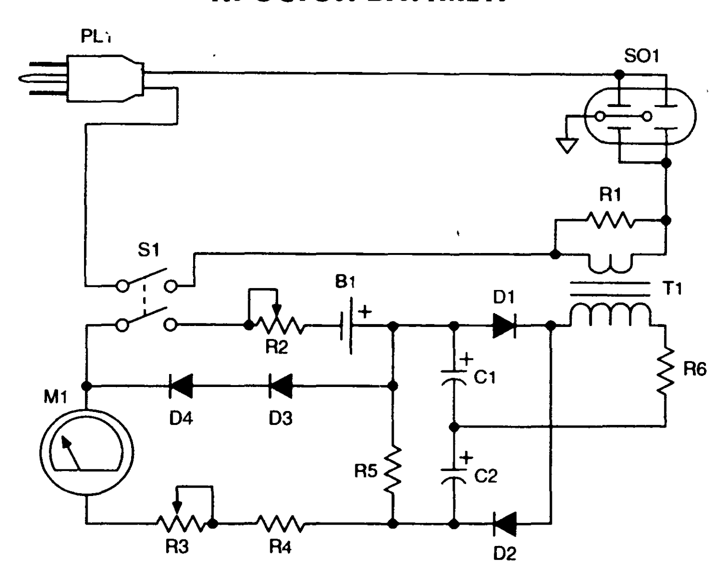
Everyday Practical Electronics **Рис. 56.1**

случайное прикосновение к контактам. В случае индуктивных или емкостных нагрузок, в частности ненагруженных электродвигателей или трансформаторов и компьютерных источников питания, такой ваттметр будет давать завышенные показания, потому что ток и напряжение не синфазны.



Electronics Now **Рис. 56.2**

ПРОСТОЙ ВАТТМЕТР

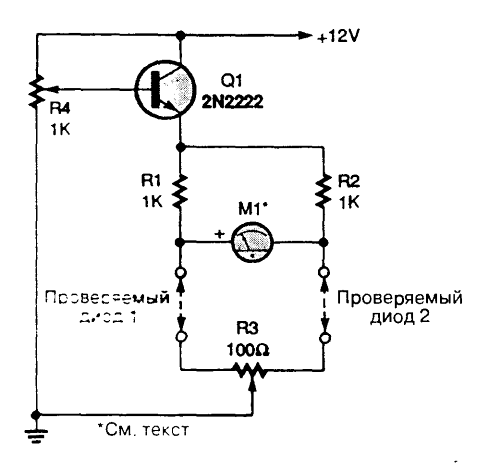


73 Amateur Radio Today **Рис. 56.3**

В схеме используется трансформатор тока (T1), выдающий на вторичной обмотке повышенное переменное напряжение, которое затем выпрямляется диодами D1 и D2, чтобы получить постоянное напряжение, пропорциональное переменному току в контролируемой цепи. Элементы схемы B1, R2, D3 и D4 предназначены для линеаризации схемы.

ГЛАВА 57
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

СХЕМА ДЛЯ ПОДБОРА СОГЛАСОВАННЫХ ДИОДНЫХ ПАР I

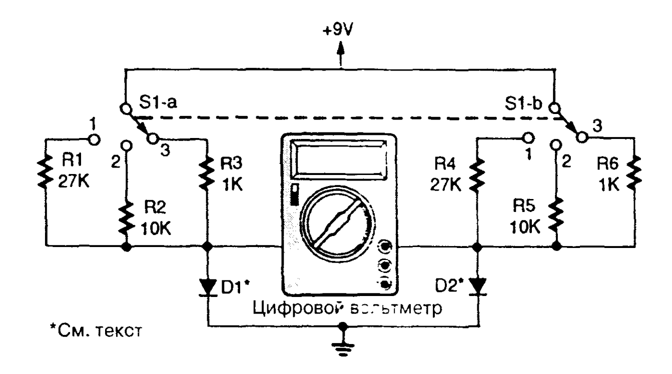


Popular Electronics **Рис. 57.1**

Транзистор 2N2222 включен по схеме эмиттерного повторителя и питается от источника с напряжением 12 В. Напряжение, подаваемое на диоды во время проверки, регулируется потенциометром R4. Два резистора R1 и R2 по 1000 Ом, имеющие допуск 1%, образуют два плеча мостовой схемы. Диоды, подлежащие проверке, включаются в нижние плечи моста. Потенциометр R3 предназначен для точной регулировки баланса. В качестве измерительного прибора используется микроамперметр на 100 мкА с нулем в середине шкалы. Чтобы собрать схему, нужно вставить вместо проверяемых диодов перемычки, установить потенциометр R3 в среднее положение и R4 в положение максимального напряжения (сопротивление минимально). Включить питание и настроить потенциометр R3 на минимальные показания прибора. Выключить питание, установить потенциометр R4 в положение минимального напряжения (сопротивление максимально).

и подключить два диода для тестирования. Медленно увеличить напряжение моста потенциометром R4, наблюдая за показаниями измерительного прибора. Диоды идеально согласованы, если при увеличении напряжения стрелка прибора остается на нуле.

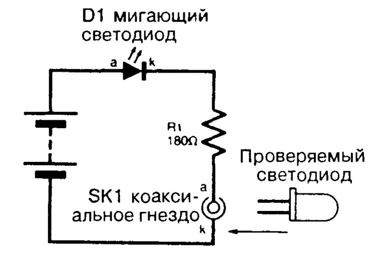
СХЕМА ДЛЯ ПОДБОРА СОГЛАСОВАННЫХ ДИОДНЫХ ПАР II



Popular Electronics **Рис. 57.2**

Чтобы с помощью этой схемы подобрать согласованную пару диодов, нужно просто вставить два диода с номинально одинаковыми характеристиками в позиции схемы D1 и D2 (проверяемые диоды). Если показание цифрового вольтметра будет равно нулю или почти нулю, значит, диоды согласованы. Переключатели S1-a и S1-b предназначены для выбора тока тестирования: 8 мА (3), 800 мкА (2) или 300 мкА (1).

СХЕМА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СВЕТОДИОДОВ

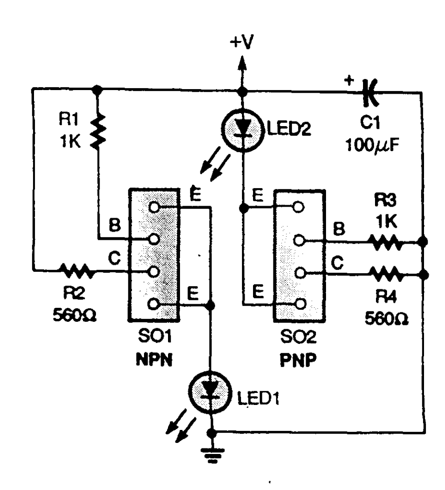


Everyday Practical Electronics **Рис. 57.3**

Предложенная схема – простое устройство для перепроверки большого числа светодиодов. В ней используются мигающий светодиод (D1) и батарея на 9 В, а также

имеется коаксиальное гнездо. При подключении к этому гнезду проверяемого светодиода (анодом к внутреннему контакту) оба светодиода – мигающий и проверяемый – начнут мигать. Никакого выключателя питания не требуется.

ПРОСТОЙ ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ



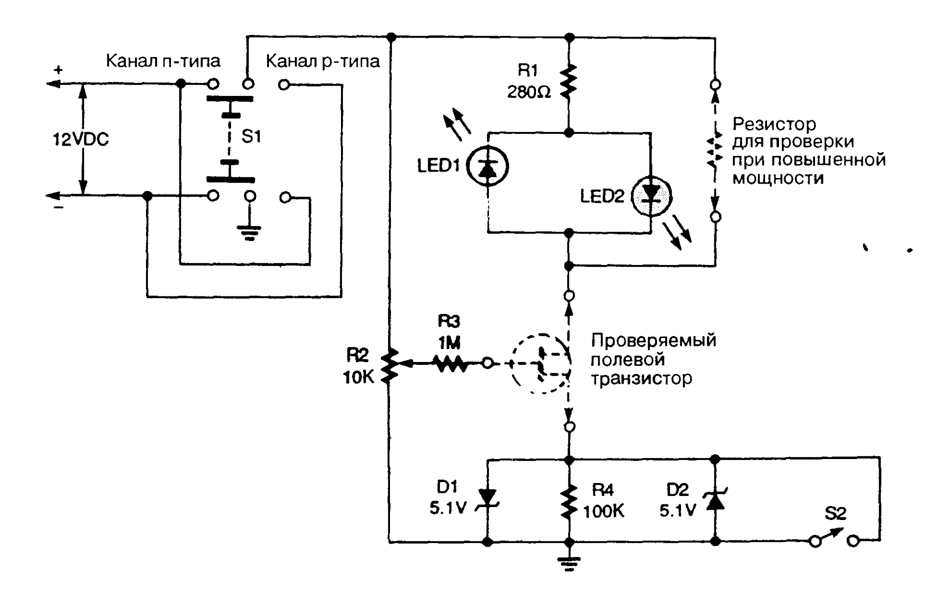
Popular Electronics **Рис. 57.4**

Если в нужную розетку данной схемы вставлен исправный транзистор типа Т092, то схема включится в соответствии с типом проверяемого транзистора. Например, если проверяется исправный npn-транзистор, то загорится светодиод LED1. Заметим, что в каждой розетке есть два гнезда для подключения эмиттера. Транзисторы могут иметь различный порядок расположения выводов, например Э–Б–К или Э–К–Б. Если порядок расположения выводов неизвестен, то допускается попробовать все возможные варианты, пока светодиод не загорится. Однако необходимо заранее знать тип проводимости транзистора: npn или pnp. Напряжение питания +V может быть в пределах от 3 до 9 В. В схеме нет выключателя питания, поскольку до тех пор, пока в розетку не вставлен транзистор, единственной нагрузкой батареи является конденсатор С1. В качестве розеток для подключения проверяемых транзисторов можно использовать 8-контактные розетки мини-DIP.

ИСПЫТАТЕЛЬ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

К прибору можно подключить полевой транзистор с каналом p- или n-типа и проверить его, выбрав переключателем питания нужную полярность напряжения. Если при проведении испытания движок потенциометра R2 установлен в нижнее

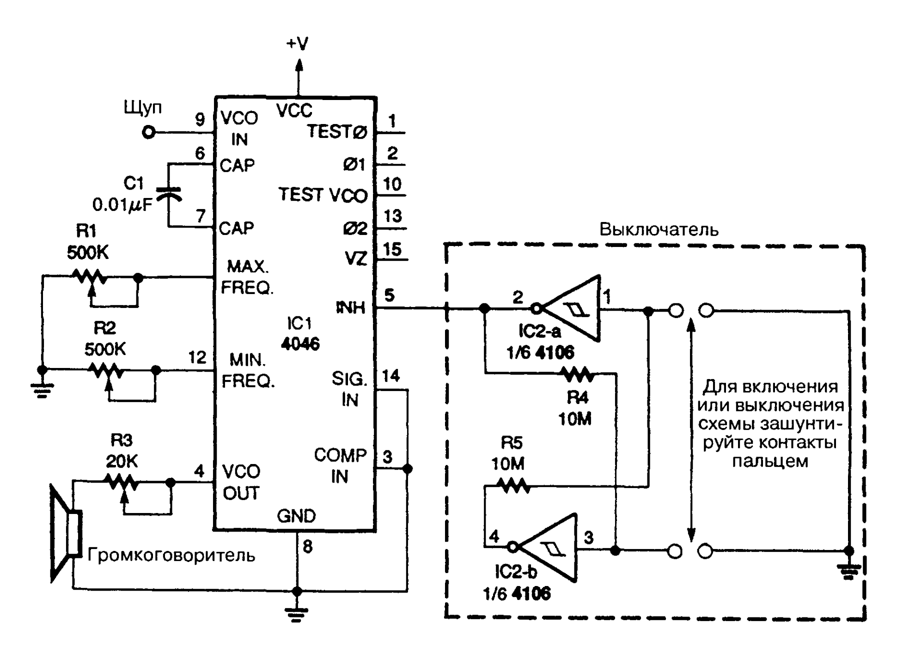
положение (то есть имеет потенциал «земли»), то полевой транзистор будет пропускать ток, величина которого определяется напряжением на истоке. При этом светодиод не загорится, потому что ток очень мал. Значение напряжения отсечки можно измерить с помощью высокоомного вольтметра на верхнем выводе резистора R4 (при определенном положении потенциометра R2). При смещении движка потенциометра вверх запирающее напряжение будет уменьшаться до тех пор, пока полевой транзистор не начнет проводить ток и светодиод не загорится. Яркость свечения светодиодов примерно характеризует степень проводимости транзистора. Более точное значение можно получить, измерив падение напряжения на резисторе в цепи стока. Для быстрой проверки полевого транзистора «работает/не работает» выключатель S2 в цепи истока допускается замкнуть. Соответствующий светодиод должен загореться, а если S2 разомкнуть, то светодиод снова погаснет. В противном случае или полевой транзистор неисправен, или он неверно подключен, или выбрана неправильная полярность напряжения. Резистор 1 МОм (R3) в цепи затвора предназначен для защиты потенциометра в случае короткого замыкания в проверяемом приборе, он обеспечивает также ограничение тока защитных диодов в цепи затвора КМОП транзисторов.



Popular Electronics **Рис. 57.5**

ГЛАВА 58
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ТЕСТОВЫЕ СХЕМЫ – КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

ТОНАЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР

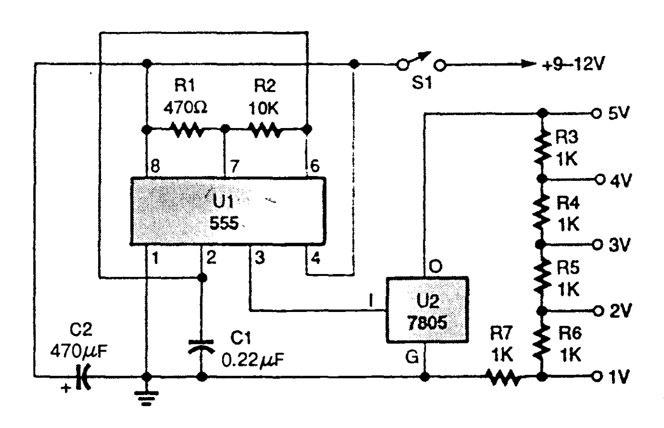


Electronics Now **Рис. 58.1**

Это устройство основано на микросхеме фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) с встроенным генератором, управляемым напряжением (ГУН). Частота колебаний ГУН определяется напряжением на входе (вывод 9) конденсатором С1 (выводы 6 и 7) и потенциометром R2, подключенным к выводу 12 и задающим минимальную частоту звукового сигнала вольтметра. Выходной сигнал ГУН, который появляется на выводе 4, обычно подается обратно в микросхему на вход компаратора

(вывод 3). Однако в этой схеме выходной сигнал ГУН подается прямо на громкоговоритель. ГУН включен, когда шина запрета INH (вывод 5) находится на низком логическом уровне, и выключается при появлении на шине INH высокого уровня. Поэтому сенсорный выключатель, состоящий из двух инвертирующих триггеров Шмитта (IC2-a и IC2-b), служит для включения и выключения схемы с целью сохранения энергии, когда вольтметр не используется. При желании сенсорный выключатель можно заменить обычным однополюсным. Так следует поступить при отсутствии инвертирующих триггеров Шмитта. Если на входе установлен низкий логический уровень, то тональный вольтметр издает звук низкого тона. По мере увеличения напряжения на входе высота тона увеличивается до тех пор, пока входное напряжение не достигнет высокого логического уровня. Снижение напряжения на входе приводит к понижению тона звука. Устройство может питаться от любого источника постоянного напряжения величиной от 5 до 15 В.

КАЛИБРАТОР НАПРЯЖЕНИЯ



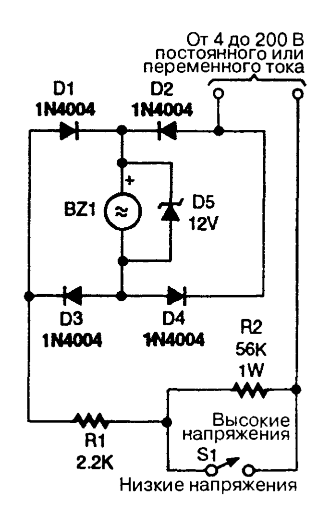
Popular Electronics **Рис. 58.2**

Выходной сигнал генератора, собранного на микросхеме NE555, подается на вход регулятора напряжения, на выходе которого получается прямоугольное напряжение со стабилизированной амплитудой. Это напряжение подается далее на делитель напряжения. Выходное напряжение может изменяться от 1 до 5 В (ампл.) ступенями по 1 В.

ЗВУКОВОЙ ВОЛЬТМЕТР

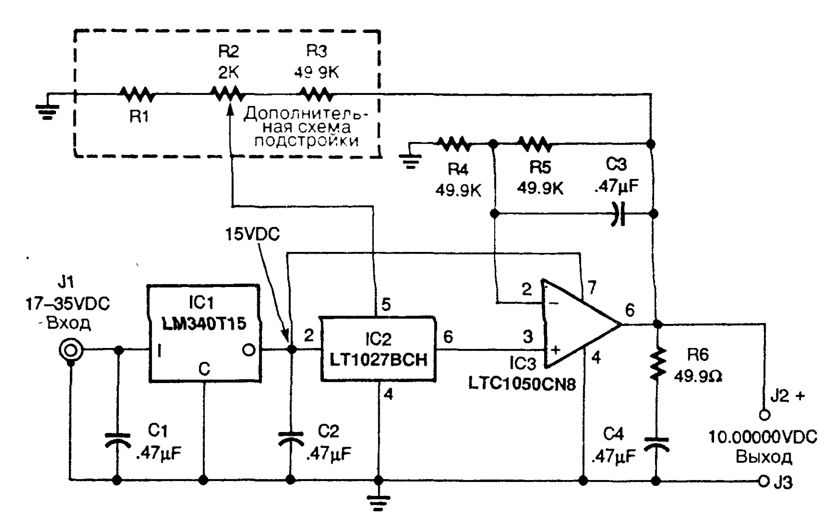
Этот звуковой вольтметр (пробник) используется для проверки наличия в схеме постоянного или переменного напряжения. При замкнутом выключателе S1 прибор применяется для проверки напряжений от 4 до 24 В. Если выключатель

разомкнут, то прибором можно проверять наличие напряжений величиной до 200 В.



Popular Electronics **Рис. 58.3**

СТАНДАРТ НАПРЯЖЕНИЯ 10,000 В



Electronics Now **Рис. 58.4**

Основой данного стандарта напряжения является источник опорного напряжения типа LT1027BCH (IC2) производства фирмы Linear Technology Corp. Эта

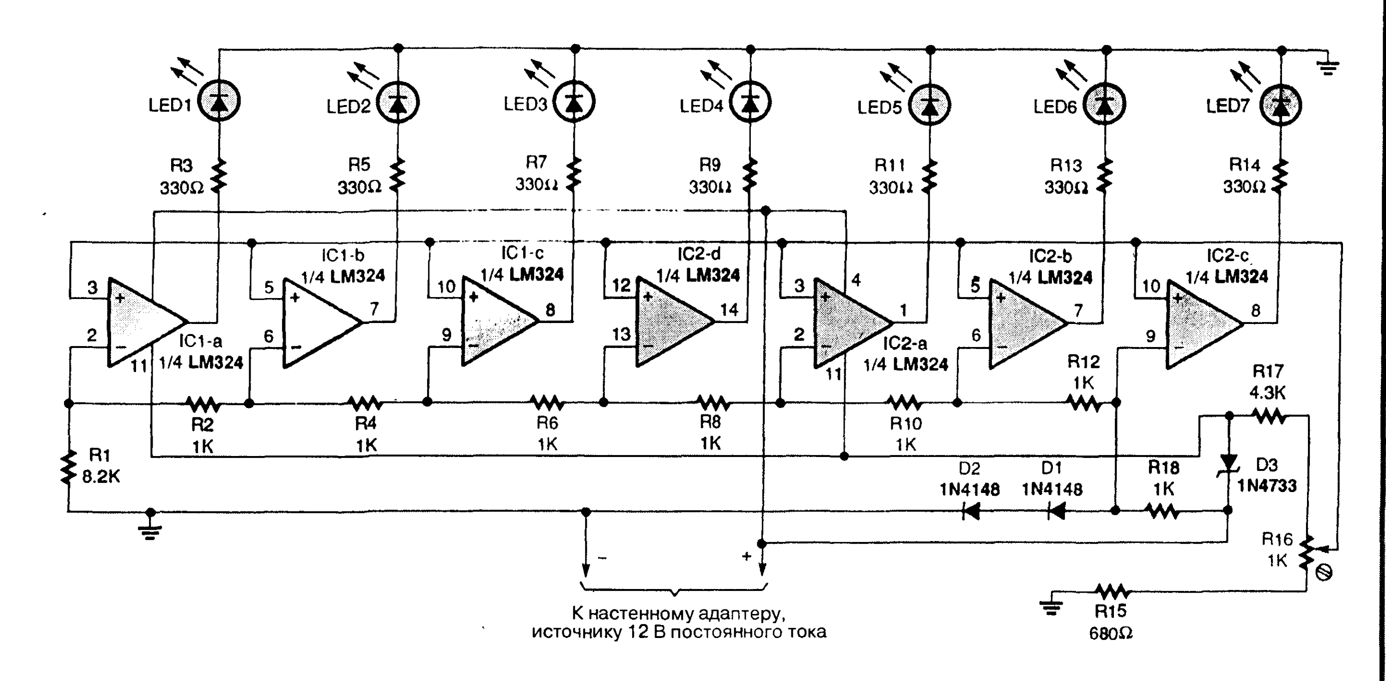
микросхема известна своим малым температурным коэффициентом, составляющим всего 2 ppm/°C (то есть две миллионных доли на градус Цельсия – 2×10^{-6} / °C). Она поставляется предварительно настроенной с точностью ±0,05%. В микросхеме предусмотрена возможность подключения внешней схемы подстройки, однако для этого требуется дополнительный делитель на резисторах. Чтобы снизить зависимость от колебаний входного напряжения, выходное напряжение стабилизируется микросхемой LM340T15 на уровне 15 В и используется для питания как микросхемы источника опорного напряжения, так и выходного усилителя. Усилитель на микросхеме LT1050 удваивает выходное напряжение микросхемы LT1027 (5 В) до требуемых 10 В. Этот усилитель постоянного тока, стабилизированный модуляцией сигнала, обладает намного меньшим дрейфом, чем обычные операционные усилители. Фильтрация шумов обеспечивается конденсатором емкостью 0,47 мкФ, включенным параллельно резистору обратной связи. Заметим, что выходной каскад микросхемы LT1050 не является двухтактным, в связи с этим резисторы обратной связи имеют несколько большие сопротивления, чем обычно. Не следует использовать стандарт напряжения с нагрузками, имеющими сопротивление ниже 10 кОм. Цепочка 0.47 мкФ / 49,9 Ом на выходе схемы предназначена для повышения стабильности схемы при работе с кабелями и емкостными нагрузками.

СХЕМА КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

На рис. 58.5 показана схема прибора для контроля напряжения в сети переменного тока. На прибор подается питание постоянного тока 12 В от настенного адаптера. Схема построена на двух микросхемах счетверенных операционных усилителей типа LM324 (IC1 и IC2), для питания которых используется часть полного напряжения питания, снимаемая со стабилитрона D3 на 5,1 В. Операционные усилители управляют линейкой светодиодов LED1 – LED7 и получают регулируемое опорное напряжение с движка потенциометра R16. Входное напряжение поступает от делителя напряжения, состоящего из резисторов R1, R2, R4, R6, R8, R10, R12 и R18. Сопротивления этих резисторов выбираются таким образом, чтобы выходные сигналы операционных усилителей последовательно включали светодиоды по мере того, как переменное напряжение в сети (или одна десятая от него) будет меняться от 100 до 132 В. Потенциометр R16 задает положение средней точки (обычно 118 В) шкалы линейки светодиодов; при желании эта величина может быть изменена.

СХЕМА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

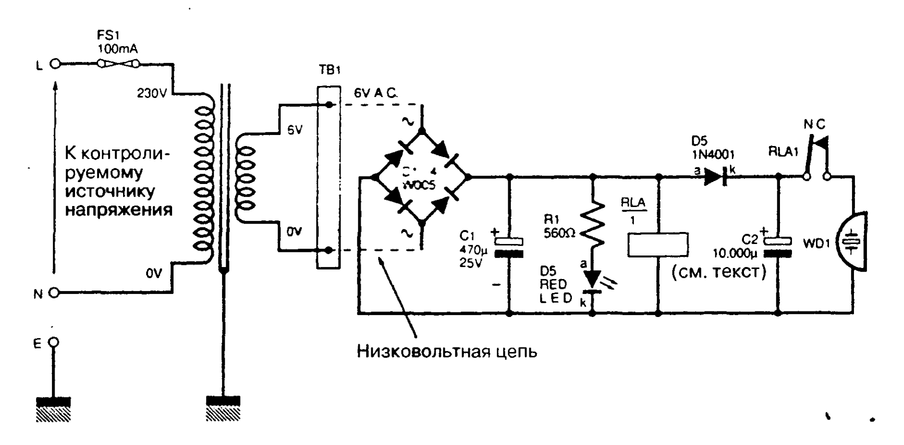
В схеме к контролируемому источнику питания подключается низковольтный понижающий трансформатор T1, к вторичной обмотке которого подсоединен



Popular Electronics

Рис. 58.5

обычный двухполупериодный выпрямитель с фильтрующим конденсатором. Выпрямитель питает светодиод D5, реле RLA1 и заряжает электролитический конденсатор большой емкости C2. Реле имеет нормально замкнутые контакты (NC), которые остаются разомкнутыми до тех пор, пока напряжение питания присутствует и, поступая на схему через трансформатор T1 и мостовой выпрямитель, активизирует реле. В случае сбоя питания реле выключается, и нормально замкнутые контакты подключают пьезозуммер к конденсатору C2. Запасенного в конденсаторе C заряда достаточно для того, чтобы пьезозуммер мог звучать в течение нескольких минут. Кроме того, контакты реле используются для включения какого-либо другого, изолированного устройства, такого как звонок или батарея. Эта схема может вызвать интерес у обладателей аквариумов с тропическими рыбками и, вероятно, владельцев морозильников.



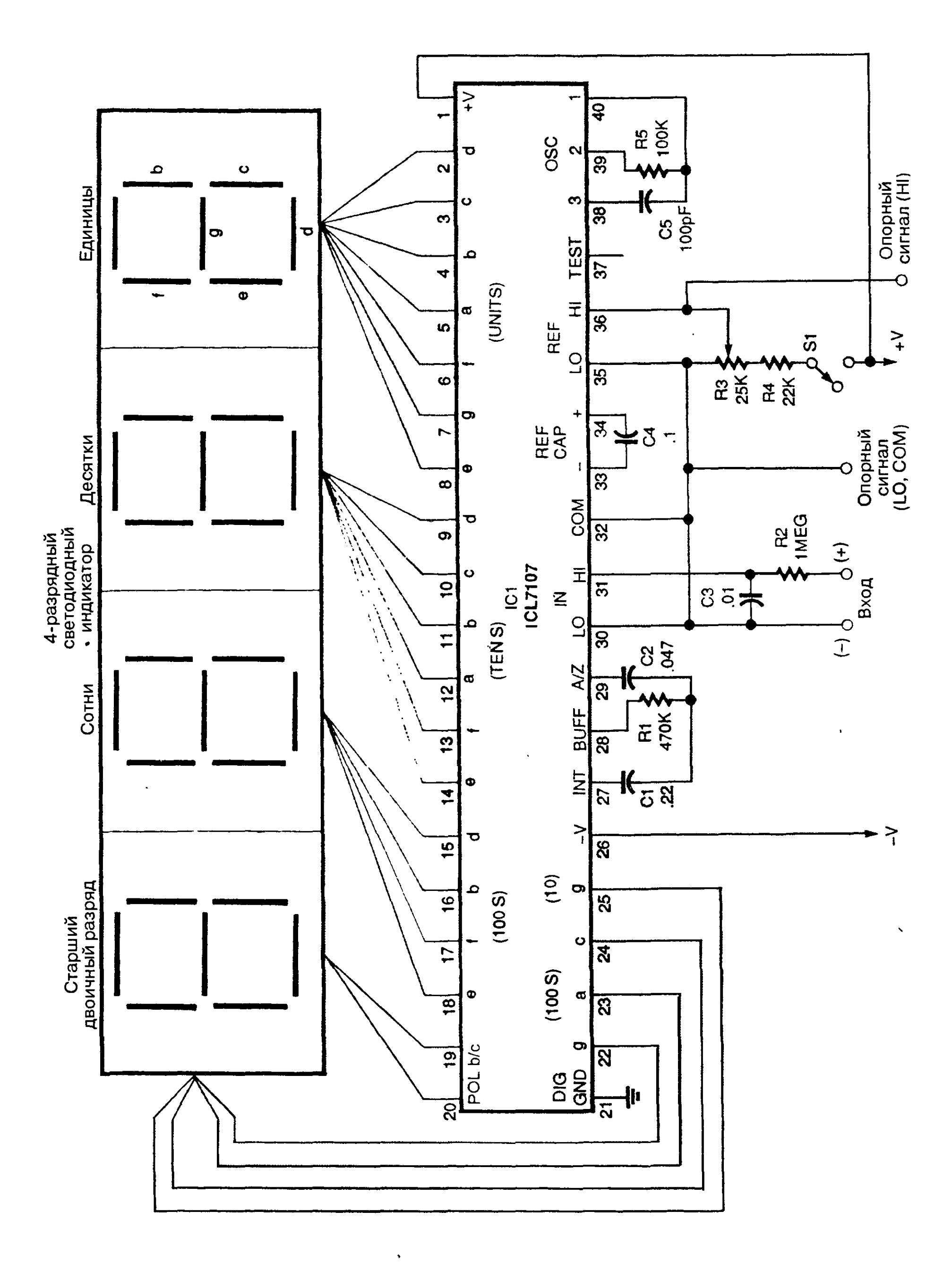
Everyday Practical Electronics **Рис. 58.6**

СХЕМА ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРА

На рис. 58.7 представлена типовая схема цифрового вольтметра, в которой использована микросхема ICL7107 фирмы Harris Semiconductors. Она рассчитана на измерение напряжений до 2 В. Процедура калибровки заключается в подаче на вход известного напряжения величиной 1,2 В и подстройке потенциометра R3 до получения на индикаторе правильного показания. Питание схемы осуществляется от источника ±5 В. Переключатель S1 предназначен для подключения внешнего опорного напряжения.

СХЕМА КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

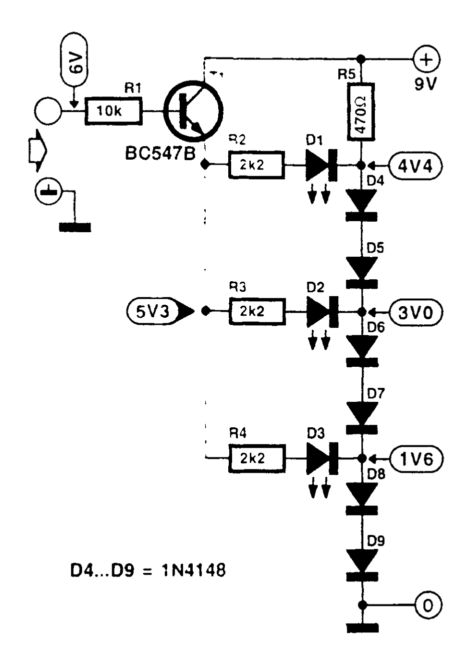
При измерении напряжений не всегда требуется точное значение, часто достаточно только проверить, находится ли оно в заданных пределах. В данной схеме



Старший двоичный разряд
Сотни
4-разрядный светодиодный индикатор
Десятки
Единицы
f
b
g
e
c
d
POL b/c
e f b d
(100 S)
e f a b c d
(TEN S)
e g f a b c d +V
(UNITS)
IC1
ICL7107
DIG GND
g
(100 S)
a
c
(10)
g
–V
INT
BUFF
A/Z
IN
LO
HI
COM
REF CAP
–
+
REF
LO
HI
TEST
OSC
3 2 1
C1 .22
R1 470K
C2 .047
C3 .01
R2 1MEG
C4 .1
R3 25K
R4 22K
S1
C5 100pF
R5 100K
(–)
(+)
Вход
Опорный сигнал (LO, COM)
+V
Опорный сигнал (HI)
–V

Рис. 58.7

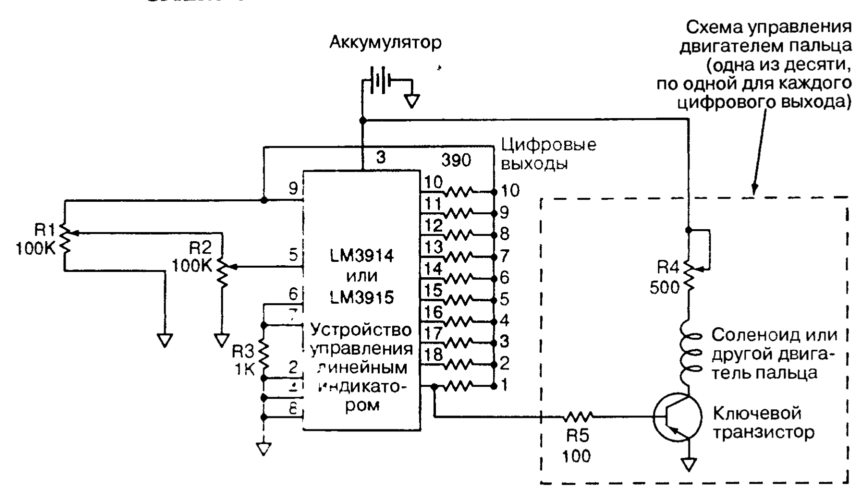
используются три светодиода, по зажиганию которых можно определить, превышает ли напряжение уровень 4, 5,7 или 7,4 В. Опорное напряжение обеспечивается последовательной цепочкой диодов D4 – D9. Светодиоды подключены к различным точкам этой цепочки. Измеряемое напряжение поступает на светодиоды через эмиттерный повторитель на транзистор T1 и последовательные сопротивления. Любой из светодиодов загорается только в том случае, если входное напряжение превысит сумму напряжений на переходе база–эмиттер транзистора T1, на соответствующем последовательном резисторе, на светодиоде и на диодах, следующих за ним.



Elektor Electronics **Рис. 58.8**

ГЛАВА 59
МЕДИЦИНСКИЕ СХЕМЫ

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗОМ РУКИ

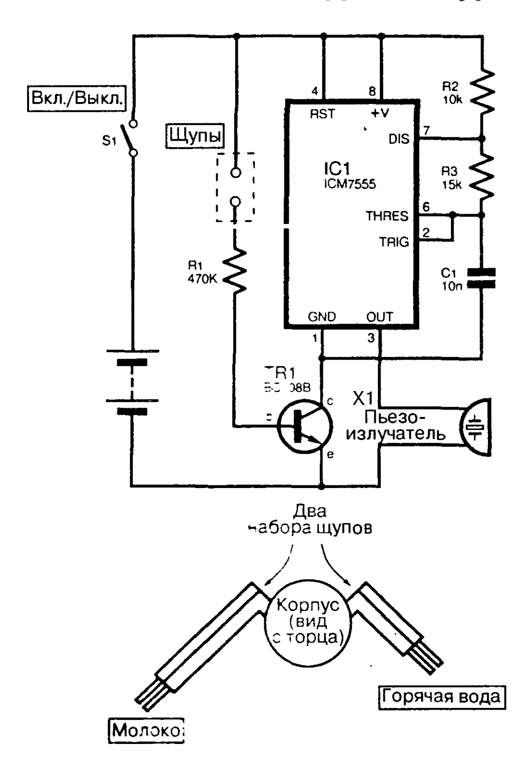


NASA Tech Briefs **Рис. 59.1**

Примечание. *R1 линейный потенциометр в протезе «упряжи» плеча. Положение потенциометра характеризует степень напряжения мышц плеча.*

В предлагаемой схеме управления электромеханическим протезом руки управляющие электрические сигналы подаются движением плеча. Система, вырабатывающая эти сигналы («упряжь»), должна включать в себя линейный потенциометр R1, сопротивление которого изменяется при напряжении мышц плеча (как в более старой механической системе). Выходное напряжение потенциометра R1 подается на R2, который регулирует диапазон изменения управляющего напряжения в соответствии с амплитудой движения плеча. После регулировки амплитуды сигнал поступает на аналого-кодовый преобразователь того же типа, какие применяются для управления линейными индикаторами. При этом по выбору пользователя можно использовать преобразователь с линейной или логарифмической зависимостью. Каждый из выходных сигналов поступает на транзисторный ключ, который подает ток на соленоид или двигатель, приводящий в действие один из пальцевых протезов. При расслабленном плече протезы всех пальцев распрямлены. По мере увеличения напряжения плеча выходы поочередно включаются, приводя в сжатое состояние сначала большой и затем последовательно другие пальцы.

СИГНАЛИЗАТОР УРОВНЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СЛЕПЫХ

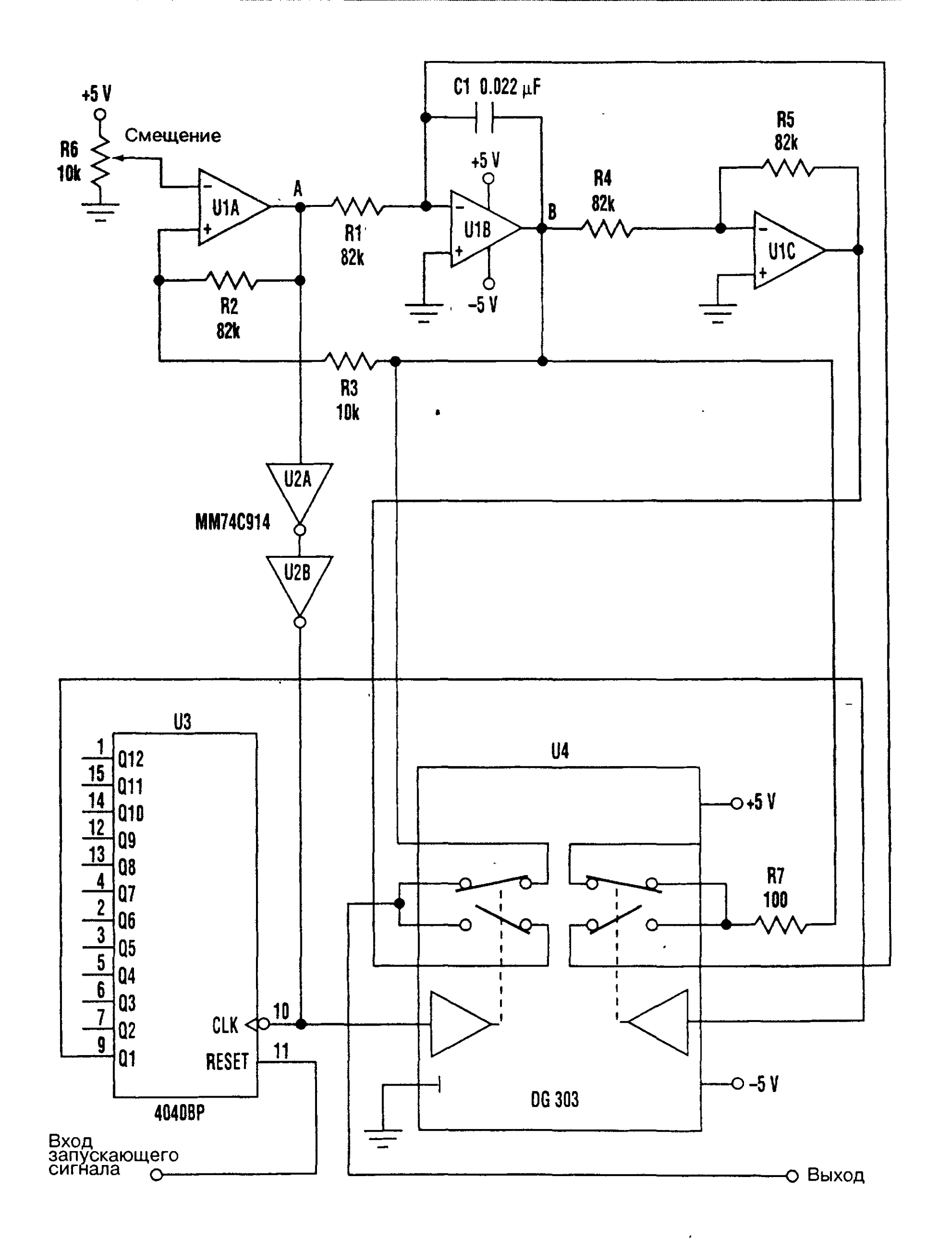


Everyday Practical Electronics **Рис. 59.2**

Схема представляет собой звуковой генератор, построенный на основе микросхемы таймера типа 555 (IC1), которая непосредственно возбуждает пьезоизлучатель. Принцип действия прибора: когда два щупа обнаруживают жидкость, транзистор TR1 включает звуковой генератор. Звуковой сигнал будет возникать при использовании двух наборов щупов с различной длиной (рис. 59.2), например, когда налито нужное количество молока, а затем добавлено нужное количество воды. Схема питается от маленькой батареи на 12 В (например, типа MN21), которая должна обеспечить работу устройства в течение длительного времени, потому что потребляемый ток в режиме покоя практически равен нулю. Щупы изготовлены из толстой медной проволоки и покрыты изоляцией, концы их оголены. Устройство смонтировано в небольшом круглом пластмассовом корпусе диаметром ~4 см, и весь прибор может надеваться на край чашки.

ГЕНЕРАТОР БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Схема работает следующим образом: два ОУ интегральной схемы U1 образуют генератор напряжения треугольной формы. При этом потенциометр R6 используется



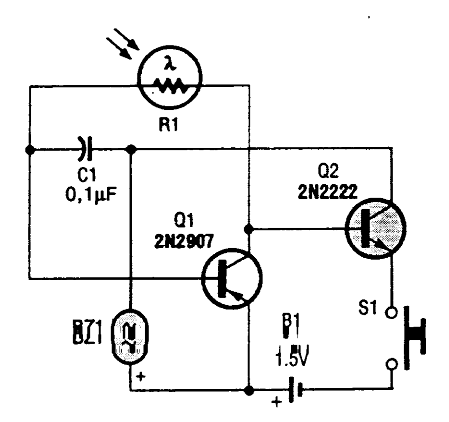
Electronic Design **Рис. 59.3**

Примечание. *ИС 914 и 4040 имеют напряжение питания +5 В.*

для смещения выходного сигнала, чтобы получить сигнал положительной полярности. Амплитуда сигнала задается резисторами R2 и R3, а скорость нарастания напряжения – резистором R1 и конденсатором C1. При значениях, указанных на

схеме, выходной сигнал имеет амплитуду >1 В при времени нарастания и спада по 0,5 мс, что дает общую длительность цикла 1 мс. ОУ U1C инвертирует полярность выходного сигнала с U1B. При поступлении запускающего импульса на вывод RESET ИС U3 ее выход Q1 переходит на низкий логический уровень. Данный сигнал размыкает один из аналоговых ключей в U4, и устраняется закорачивание конденсатора C1. При этом выходной сигнал ИС U1A будет отрицательным, а выходной сигнал U1B начнет повышаться. В течение указанного времени на выход поступает сигнал с ИС U1B через вторую половину аналогового переключателя. Когда линейно нарастающее напряжение достигает своего предельного положительного значения, выходной сигнал ИС U1A становится положительным, а выходной сигнал ИС U1B начинает линейно уменьшаться. Выходной сигнал ИС U1A снимается через элементы U2A и U2B (оба – инвертирующие триггеры Шмитта со специальной защитой входа от отрицательных напряжений позволяющей смещать уровень) и подается на тактовый вход ИС U3. Затем он поступает также на аналоговый ключ, получающий выходной сигнал от ИС U1C (данный сигнал нарастает от максимального отрицательного значения до 0 В). При достижении значения 0 В выходной сигнал ИС U1A становится отрицательным; это приводит к тому, что сигнал на выходе Q1 ИС U3 переходит на высокий логический уровень и снова закорачивает конденсатор C1. В результате напряжение на выходе становится равным нулю до тех пор, пока не поступит следующий запускающий импульс, который сбросит ИС U3 в исходное состояние, и цикл повторится.

ПУТЕУКАЗАТЕЛЬ

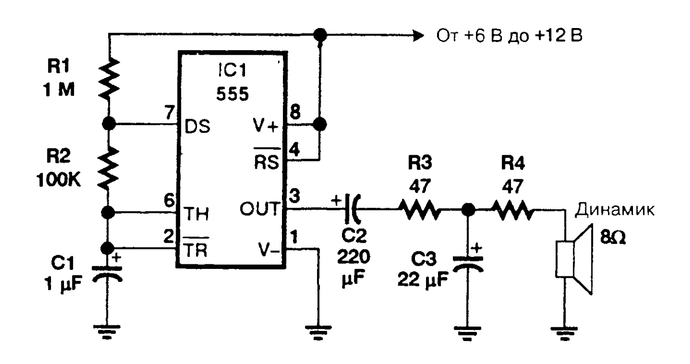


Popular Electronics **Рис. 59.4**

Эта схема представляет собой простой генератор на двух транзисторах (релаксационного типа), частота которого управляется фоторезистором (R1), но с небольшим добавлением. Такой генератор можно построить на основе комбинации практически любых транзисторов. Принцип его аботы довольно прост: частота

колебаний определяется резистором R1 и конденсатором C1 и может изменяться от медленного тиканья в темноте (сопротивление R1 составляет ~100 кОм) до высокого тона при ярком свете (R1 примерно 1000 Ом). Это изменение частоты можно определить на слух, благодаря преобразователю BZ1. Для питания схемы используется один элемент с напряжением 1,5 В типа АА. В связи с тем, что схема потребляет очень малую мощность, она может нормально работать при снижении напряжения элемента вплоть до 0,9 В.

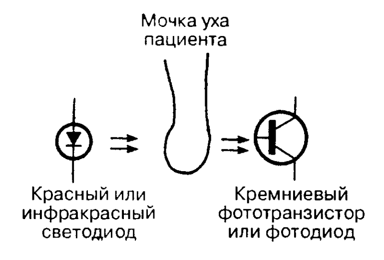
ИМИТАТОР ЗВУКА БИЕНИЯ СЕРДЦА



Electronics Now **Рис. 59.5**

Генератор имитирует звук биения сердца. Для получения хорошего звучания на низких частотах лучше использовать громкоговоритель диаметром 10 см или больше.

ИЗМЕРИТЕЛЬ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В КРОВИ

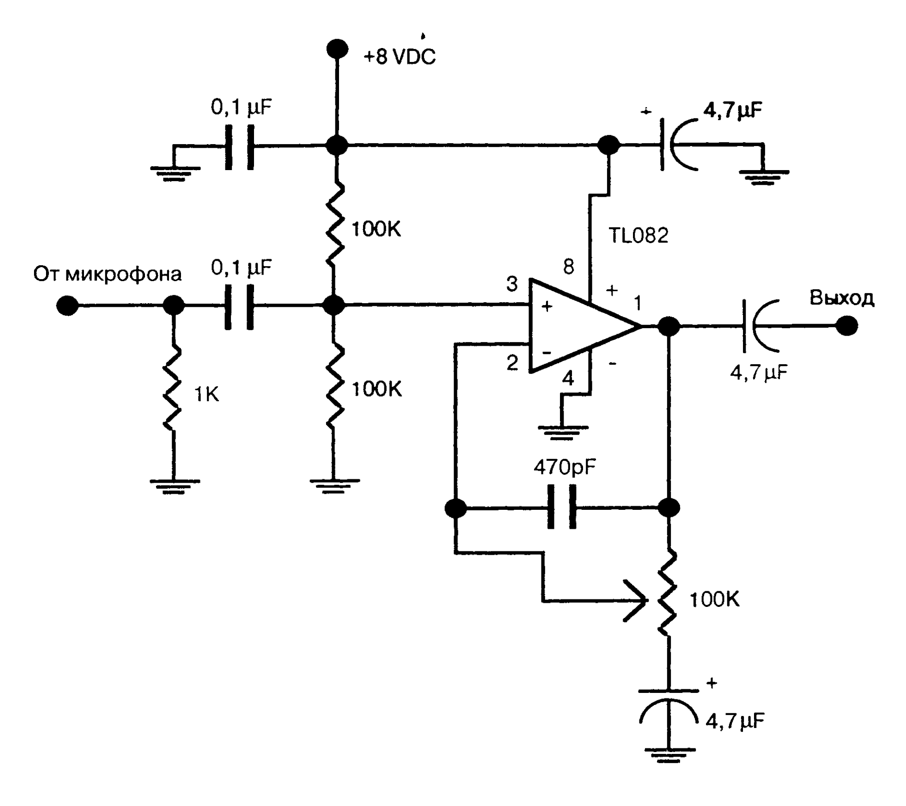


Electronics Now **Рис. 59.6**

Прибор определяет количество кислорода в крови, пропуская свет через какую-либо часть тела (традиционно – через мочку уха, в последнее время, как правило через палец) и сравнивая прохождение света для двух различных длин волн – 800 нм (ближняя инфракрасная область) и 640 нм (ярко-красный цвет). Если коэффициенты пропускания примерно одинаковы, то содержание кислорода в крови очень низкое. В противном случае коэффициент пропускания для волны 640 нм будет значительно выше. В качестве источников света используются светодиоды а в качестве фотодетектора – кремниевый фотодиод или фототранзистор.

ГЛАВА 60
МИКРОФОННЫЕ СХЕМЫ

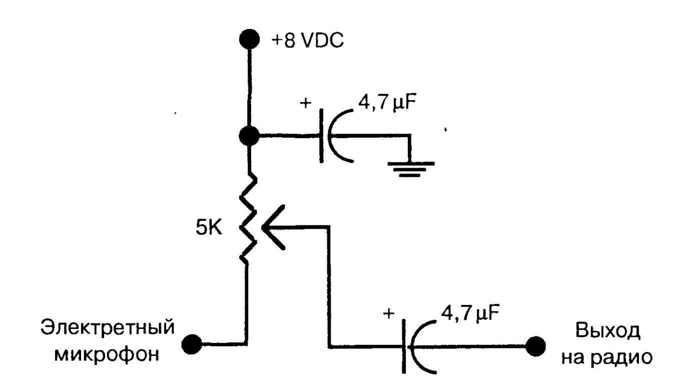
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МИКРОФОНА



73 Amateur Radio Today **Рис. 60.1**

В приведенной схеме для усиления сигнала динамического микрофона до уровня, достаточного для работы с радиопередатчиком, аудиоусилителем или переговорным устройством, используется операционный усилитель TL082.

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРЕТНОГО МИКРОФОНА

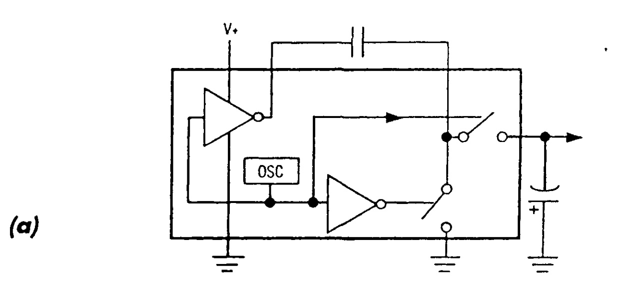


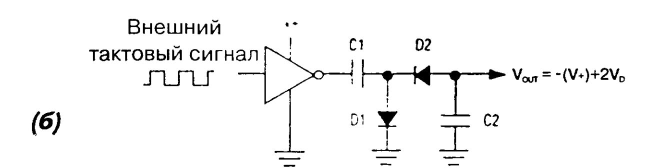
73 Amateur Radio Today **Рис. 60.2**

На схеме показано, как подключить электретный микрофон. Для регулировки коэффициента передачи служит потенциометр на 5 кОм.

ГЛАВА 61
СХЕМЫ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

СХЕМА ПЕРЕКАЧКИ ЗАРЯДА



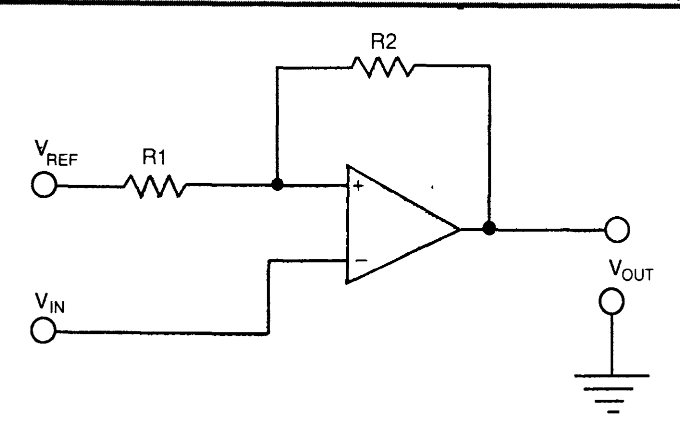


Maxim **Рис. 61.1**

Схема перекачки заряда обеспечивает удвоение напряжения или изменение его полярности. Ее можно собрать с помощью интегральных переключательных микросхем (а) или дискретных диодов (б).

ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ НА ТРИГГЕРЕ ШМИТТА

В данной схеме для построения простой ячейки памяти используется триггер Шмитта.



Nuts and Volts **Рис. 61.2**

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СХЕМА ОГРАНИЧИТЕЛЯ

В показанной схеме (рис. 61.3) операционные усилители A и D образуют буферные усилители с единичным усилением. ОУ B и C производят сравнение входного напряжения V_{IN} с опорными напряжениями V_{HI} и V_{LO}. Опорные напряжения задают соответственно верхний и нижний уровни ограничения схемы. Когда значение входного напряжения находится в интервале (V_{HI} – V_{LO}), выходные сигналы компараторов смещают диоды D1 и D2 в обратном направлении. В результате выходное напряжение схемы V_{OUT} следует за входным. Если входное напряжение превышает значение V_{HI}, то выходной сигнал B становится отрицательным, смещая в прямом направлении D1 и уменьшая напряжение V1 на инвертирующем входе B. Схема достигает равновесного положения, при котором V_{OUT} = V1 =.V_{HI}. Аналогично, если входное напряжение становится ниже V_{LO}, то выходной сигнал операционного усилителя C – положительный и смещает в прямом направлении диод D2, что приводит к повышению напряжения V1. В положении равновесия V_{OUT} = = V1 = V_{LO}. Выходное напряжение схемы следует за входным напряжением в течение ~2 мкс после пересечения входным напряжением порогового уровня, что определяется скоростью нарастания выходного напряжения ОУ. Допустимое напряжение источников питания составляет от ±5 до ±15 В.

ПРОГРАММАТОР МИКРОСХЕМ ФЛЭШ-ПАМЯТИ

Для создания импульсов записи байта флэш-памяти амплитудой 30 мА нужен источник питания напряжением 12 В, работающий от напряжения 5 В. Для этого обычно используется ключевой регулятор напряжения и катушка индуктивности. Применение ИС LTC1262 позволяет уменьшить число элементов, которые необходимы для построения такого преобразователя постоянного напряжения с выходным

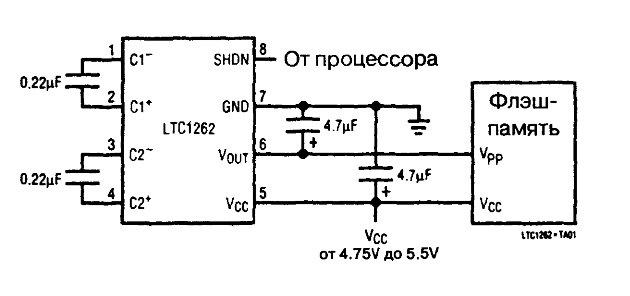
+12V
100 k
-12 V
V_{Hi}
12
13
B
14
D1
V_{in}
3
2
A
1
10 k
V_1
D2
+12V
100 k
-12 V
V_{Lo}
9
10
C
8
0.1 μF
+12V
5
4
D
7
6
11
Выходной сигнал
0.1 μF
-12 V

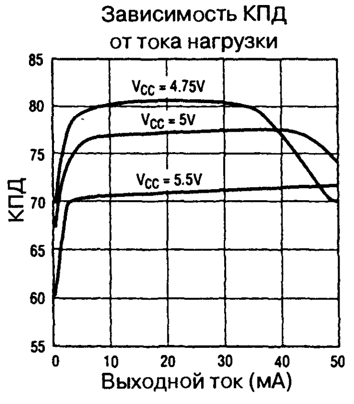
IC = TL084
D1,D2 = 1N4148

V+
V_{Hi}
0 V
V_{Lo}
V-
V_{in}
V_{out}
≈2 μs
t

Диаграмма работы схемы

Electronic Design **Рис. 61.3**

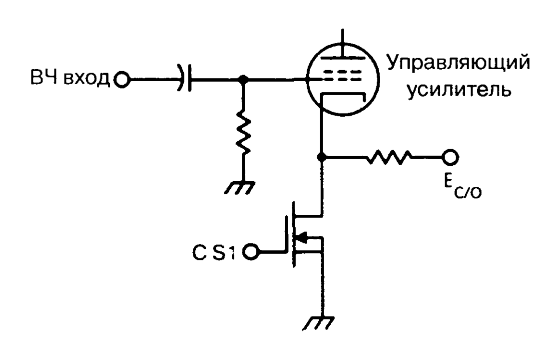




Linear Technology **Рис. 61.4**

током 30 мА, работающего от источника 5 В (±5%), до всего лишь четырех небольших конденсаторов и при полном отсутствии индуктивностей. При поверхностном монтаже такая схема занимает площадь менее 1,3 см^2. Источник питания на основе ИС LTC1262 работает на частоте 300 кГц и состоит из генератора, схемы перекачки заряда и утроителя напряжения. Ключевое управление генератором стабилизирует выходное напряжение на уровне 12 В. Потребляемый ток ИС LTC1262 в рабочем режиме не превышает 1 мА, при выключенном – не более 10 мкА. Кривая нарастания выходного напряжения не имеет выбросов. ИС LTC1262 рассчитана на работу при входных напряжениях 4,75–5,5 В и с КПД ~75% (см. рис. 61.4).

КЛЮЧЕВАЯ СХЕМА

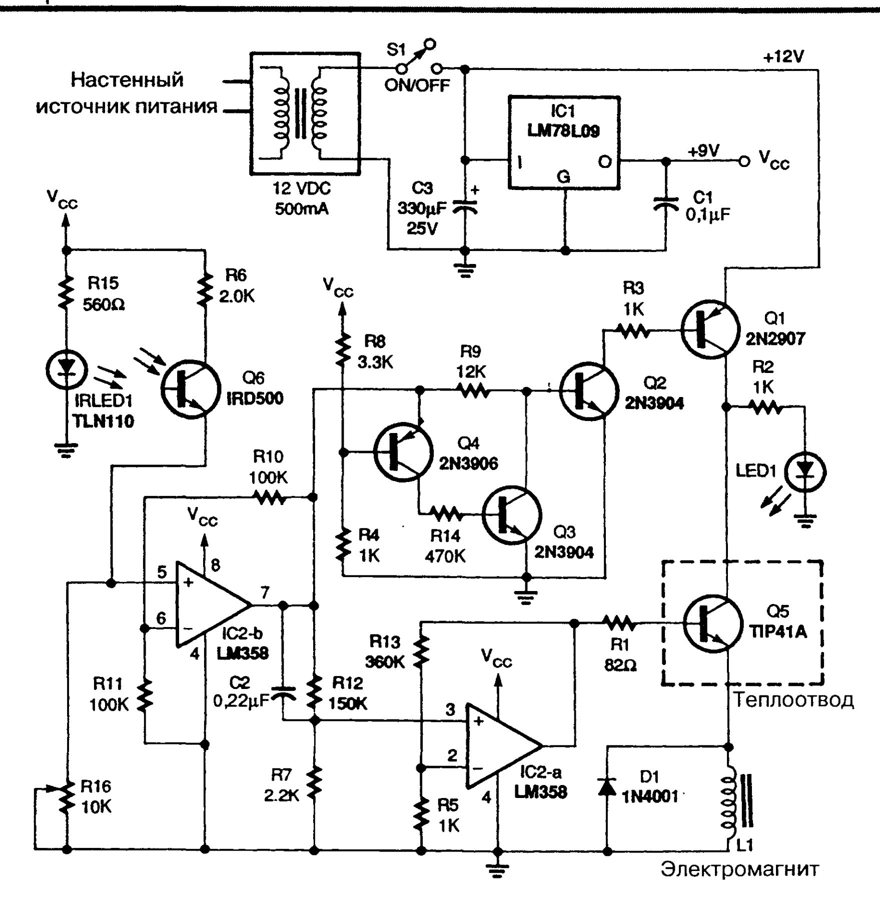


73 Amateur Radio Today **Рис. 61.5**

В представленной схеме полевой МОП транзистор управляет по цепи катода включением мощного РЧ усилителя.

СХЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОДВЕСА

Эта схема применяется для «подвешивания» в магнитном поле стального шарика при демонстрации принципа магнитной подвески (левитации) с использованием электромагнита. Для определения положения стального шарика и управления током электромагнита через цепь обратной связи применяется ИК фотодетектор. ИК излучатель и фотодетектор, расположенные напротив друг друга, создают невидимый луч, проходящий несколько ниже катушки. Когда объект поднимается по направлению к электромагниту, он начинает загораживать луч. По мере загораживания луча выходной сигнал фотодетектора уменьшается, а это, в свою очередь, приводит к снижению тока катушки электромагнита. Магнитное поле уменьшается, объект начинает падать, и на детектор снова попадает больше света.

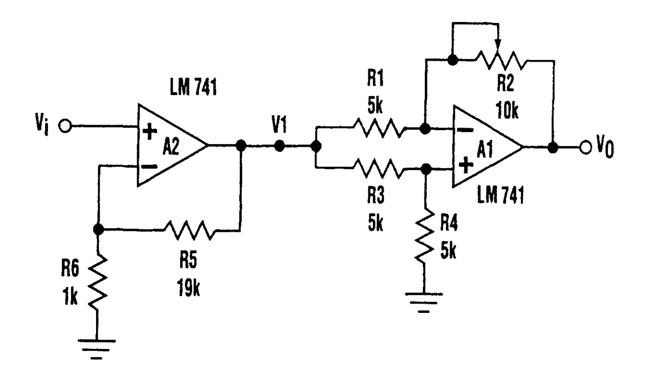


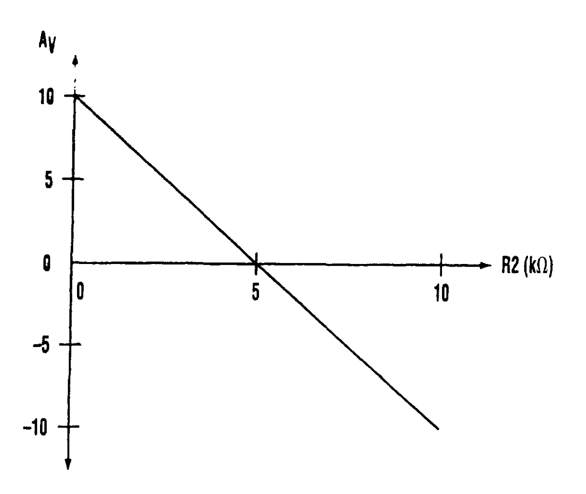
Electronics Now **Рис. 61.6**

Это заставляет схему увеличить магнитное поле, и цикл повторяется, так как объект снова поднимается вверх. Схема рассчитана таким образом, что в конце концов достигается положение равновесия, в котором сила тяжести точно компенсируется силой магнитного притяжения. В результате объект оказывается подвешенным на пути ИК луча без каких-либо видимых средств поддержки.

РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ ОТ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ДО ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ОДНОГО ПОТЕНЦИОМЕТРА

Иногда удобно иметь усилитель, коэффициент усиления которого можно плавно изменять от положительных до отрицательных значений с помощью одного потенциометра. В показанной схеме такая операция осуществляется потенциометром R2.

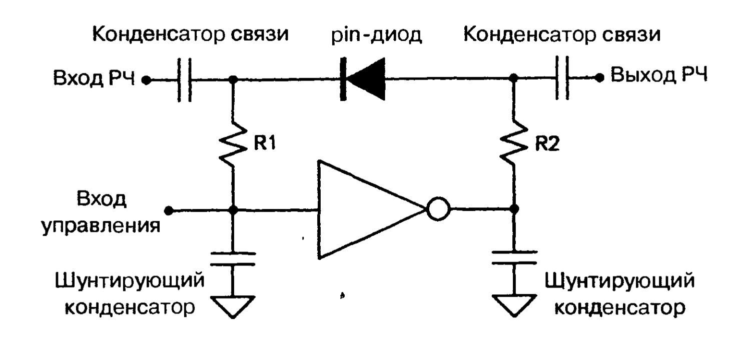




Electronic Design **Рис. 61.7**

Два входа ОУ A1 соединены через резисторы R1 и R3, A2 играет роль буфера. При условии R1 = R3 = R4 = R = 5 кОм коэффициент усиления ОУ определяется выражением $A_{V1} = V_O / V1 = (1 - R2 / R) / 2$. При использовании буферного усилителя с коэффициентом усиления, равным 20, коэффициент всего усилителя определяется выражением $A_{V1} = V_O / V1 = 10 (1 - R2/R)$. С помощью 10-оборотного потенциометра коэффициент можно изменять от положительных до отрицательных значений.

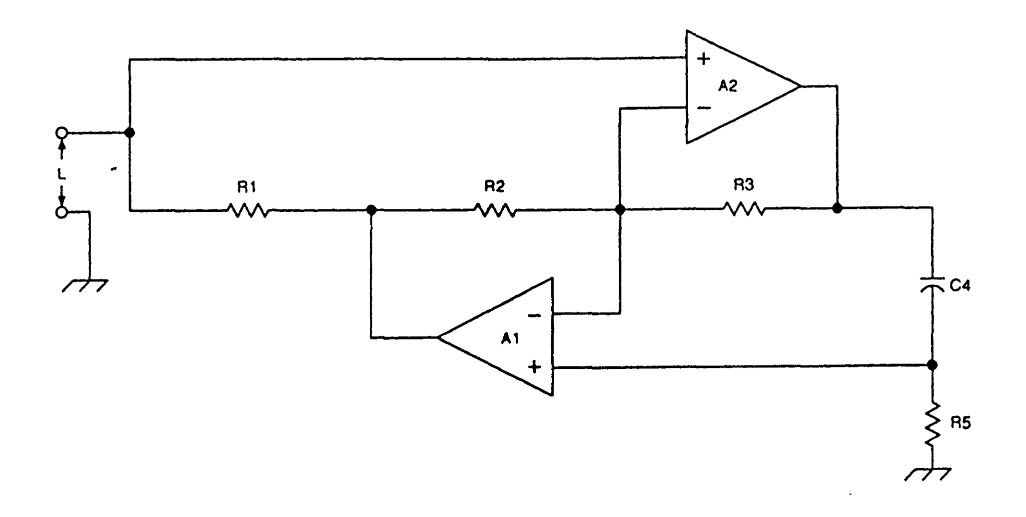
СХЕМА ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ/АТТЕНЮАТОРА НА ОСНОВЕ PIN-ДИОДА



RF Design ***Рис. 61.8***

Схема представляет собой базовый переключающий элемент на основе pin-диода, который используется при построении более сложных схем. Сопротивление R1 выбирается из условия $I_{DIODE} = (V_{CC} - V_{DIODE}) / (R1 + R2)$, где I_{DIODE} – это рабочий ток диода.

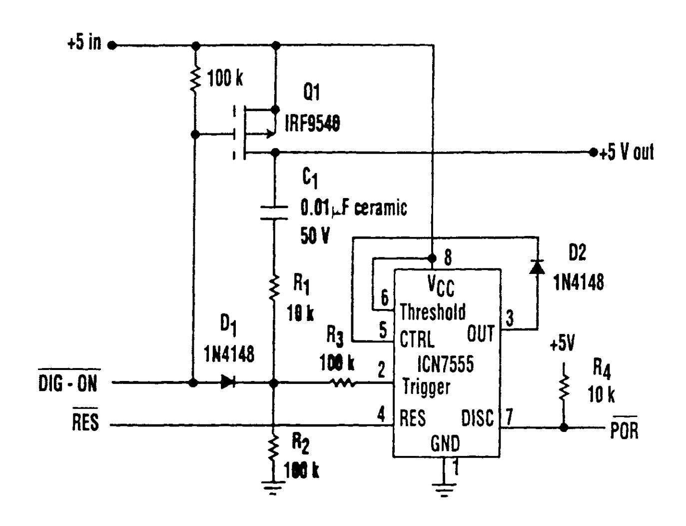
СХЕМА ГИРАТОРА



73 Amateur Radio Today ***Рис. 61.9***

Гираторы применяются в течение многих лет. Представленная активная схема может быть использована вместо индуктивности: при двух ОУ (желательно две секции сдвоенного или счетверенного ОУ) величина индуктивности, моделируемой этой схемой, определяется выражением L = R1R3R5 / (R2/C4) или L = = R1R5C4 при R2 = R3.

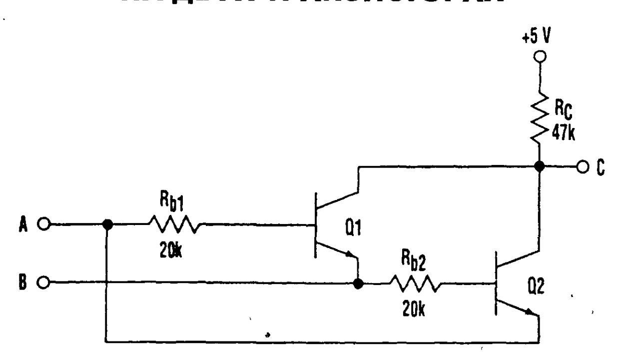
СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ПИТАНИЯ С УСТАНОВКОЙ СИСТЕМЫ В ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ



Electronic Design **Рис. 61.10**

Схема управления включением питания мощных нагрузок в аппаратуре с батарейным питанием имеет дополнительную функцию начальной установки при подаче питания (power-on-reset – POR). Управление включением питания обеспечивается МОП полевым транзистором с каналом р-типа в ключевом режиме. Функция начальной установки при включении POR питания активизируется через вывод DISC (в КМОП версии ИС таймера серии 555). Пока питание устройства выключено, схема удерживает линию POR на низком уровне. Однако при включении устройства его напряжение питания мгновенно возрастает, и начинается отсчет времени задержки для переключения линии POR. Пороговое напряжение ИС 555 составляет ~1,7 В. Если использовать значения R1, R2 и C1 (рис. 61.10), то напряжение на конденсаторе будет снижаться до порогового уровня за ~1,6 мс. Когда напряжение на конденсаторе опустится ниже порогового, то линия POR освободится и перейдет на высокий уровень. Диод D2 служит для создания гистерезиса порога срабатывания и увеличивает пороговое напряжение POR до ~2,5 В (для выходного напряжения).

ЛОГИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ НА ДВУХ ТРАНЗИСТОРАХ



Electronic Design **Рис. 61.11**

В случае, когда оказались неприемлемыми цена или размеры логических элементов Исключающее ИЛИ, выполненных на интегральных схемах, можно использовать предлагаемую дешевую схему. Если входы A и B находятся на низком логическом уровне, то транзисторы Q1 и Q2 закрыты и выход C имеет высокий логический уровень. Если же оба входа находятся на высоком логическом уровне, то Q1 и Q2 выключены и снова на C высокий логический уровень. Если на входе A установился высокий логический уровень, а на B – низкий, то переход база–эмиттер транзистора Q1 смещен в прямом направлении, а переход база–эмиттер Q2 – не смещен. При этом Q1 открывается, обеспечивая низкий логический уровень на выходе. Последний вариант – когда на B высокий уровень, а на A – низкий. В этом случае переход база–эмиттер транзистора Q1 смещен в обратном направлении, а переход база–эмиттер Q2 – в прямом. При этом Q2 открывается и снижает потенциал выхода, создавая на нем низкий логический уровень. При использовании значений элементов, приведенных на схеме, потребляемые и отводимые (в случае низкого логического уровня) токи, управляющие двухтранзисторным логическим элементом, очень малы. Когда база и эмиттер находятся при одном и том же потенциале (A и B либо на высоком, либо на низком логическом уровне), ток вообще отсутствует, несмотря на то что входные сигналы продолжают управлять эмиттерами транзисторов. Когда один из транзисторов открывается, управляющее устройство должно отводить только суммарный ток базы и коллектора. Этот ток можно вычислить по формуле:

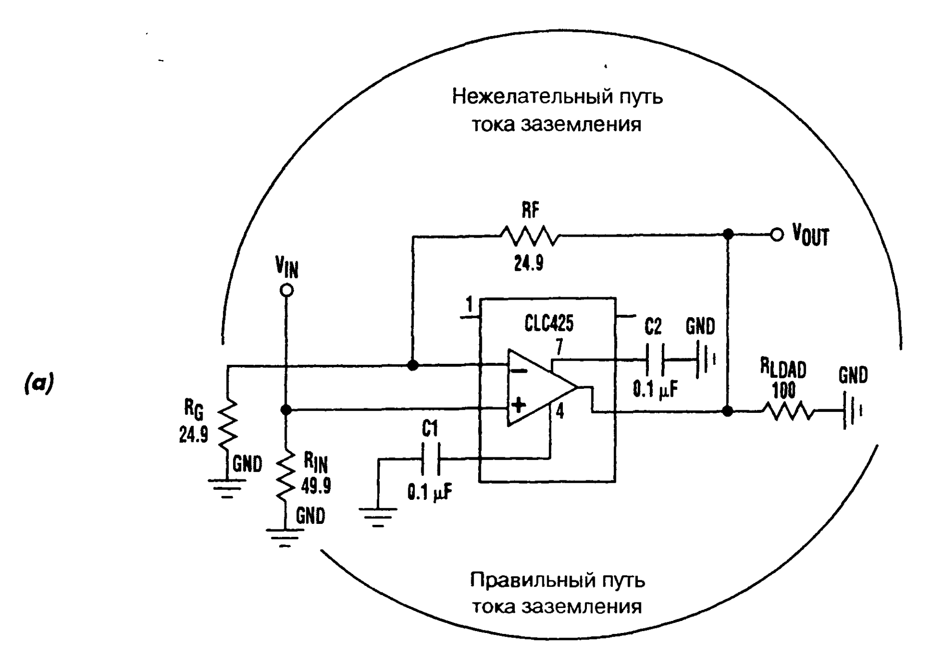
$I_E = I_B + I_C$,

где $I_B \approx (V_H + V_{BE}) / R_B$,

$I_C \approx (V_{CC} - V_{SAT}) / R_C$.

Здесь V_H = 3 В – напряжение высокого уровня ТТЛ; $V_{BE} \approx$ 0,7 В – напряжение прямого смещения перехода база–эмиттер; V_{CC} = 5 В и V_{SAT} = 0,2 В в типичном случае. Кроме того, в рассматриваемом примере R_B = 20 кОм, R_C = 47 кОм. В результате – $I_C \approx$ 215 мкА.

МЕТОДИКА ЗАЗЕМЛЕНИЯ ВЧ УСИЛИТЕЛЯ



Пример неправильного заземления

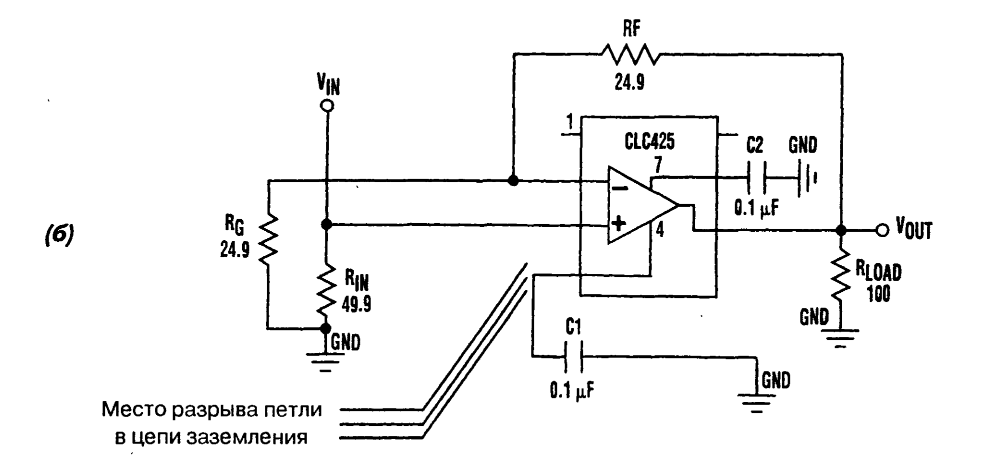
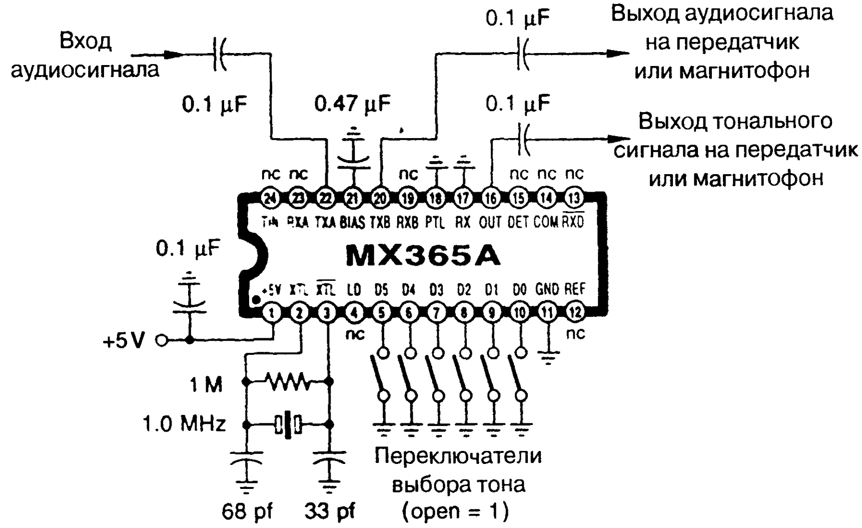


 Рис. 61.12

Неправильное заземление в ВЧ усилителе может привести к проникновению выходного сигнала на вход усилителя. На рис. 61.12 представлена схема, повышающая эффективность работы заземления с помощью объединения точек заземления на входе, пространственной ориентации шунтирующего конденсатора и разрыва петли в цепи заземления.

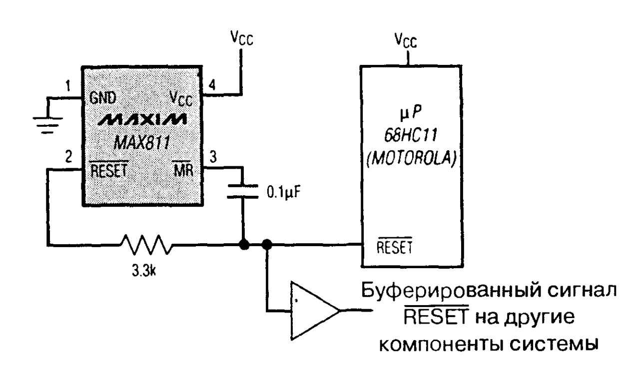
ПРОСТОЙ КОДИРОВЩИК ТОНОВ ПЕРЕДАТЧИКА



Electronics Now **Рис. 61.13**

Эту схему можно использовать в связном передатчике или ретрансляторе для наложения кодирующего тона на аудиосигнал.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЗАДЕРЖКА СИГНАЛА СБРОСА



Maxim **Рис. 61.14**

Такая схема позволяет осуществлять двойное управление буферированной линией сигнала сброса (RESET) и увеличивать длительность сигналов сброса для микропроцессора. Схема предназначена для КМОП ОЗУ.

ИНТЕГРАТОР НА ОСНОВЕ УСИЛИТЕЛЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

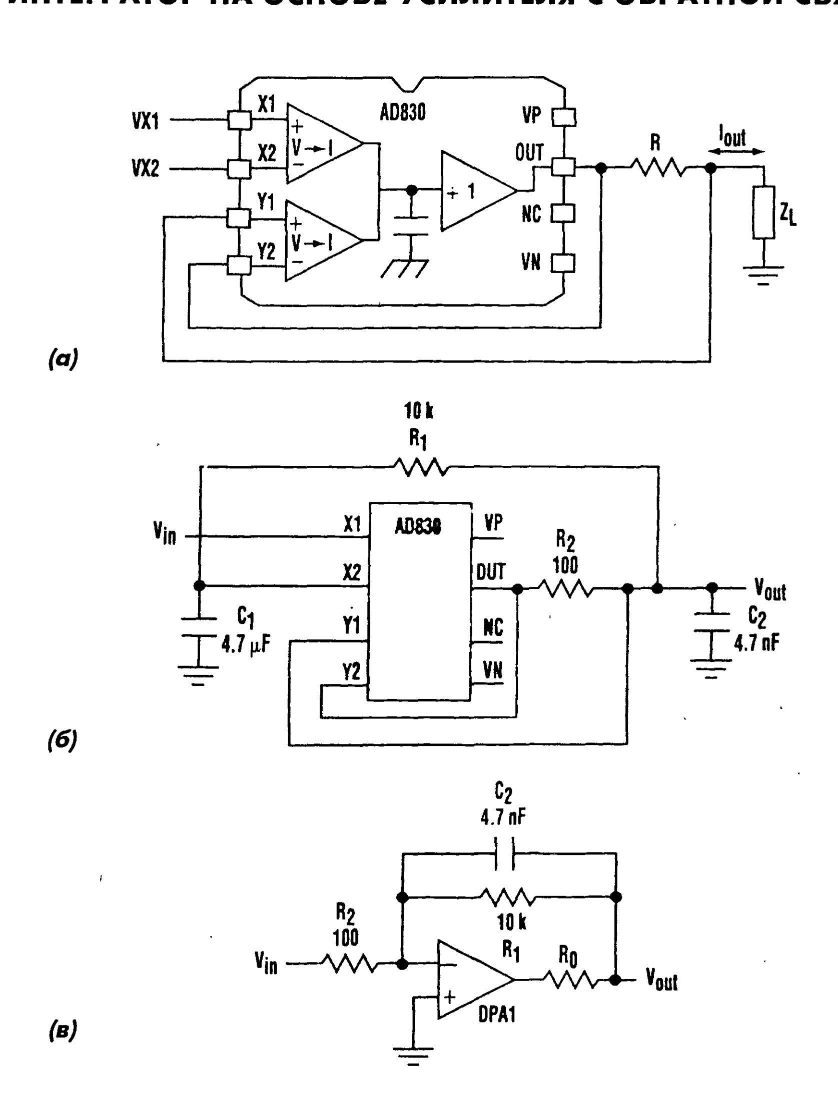
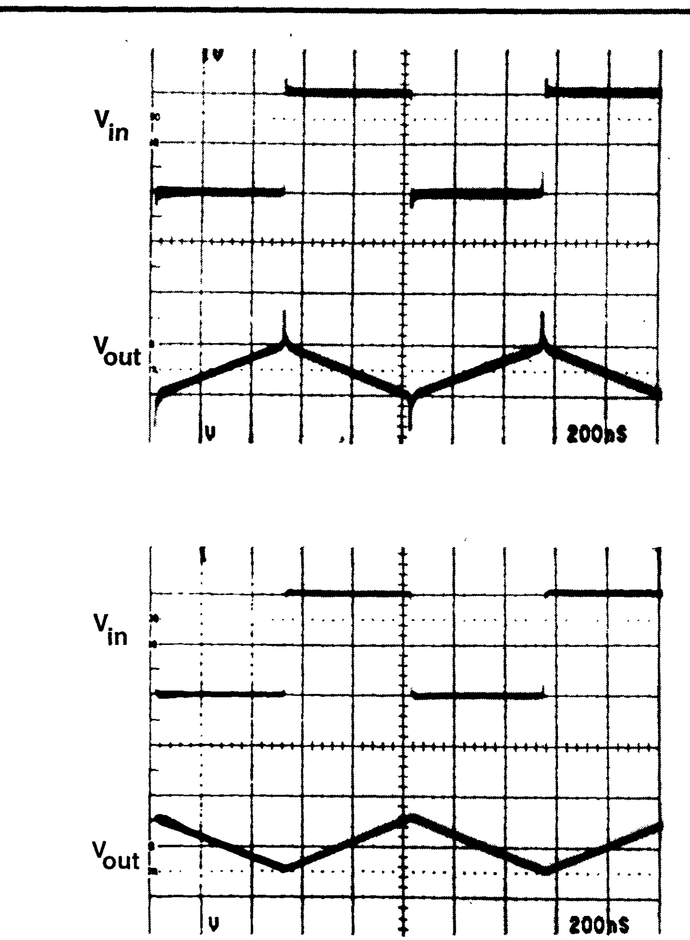


 Рис. 61.15 (а) – 61.15 (в)

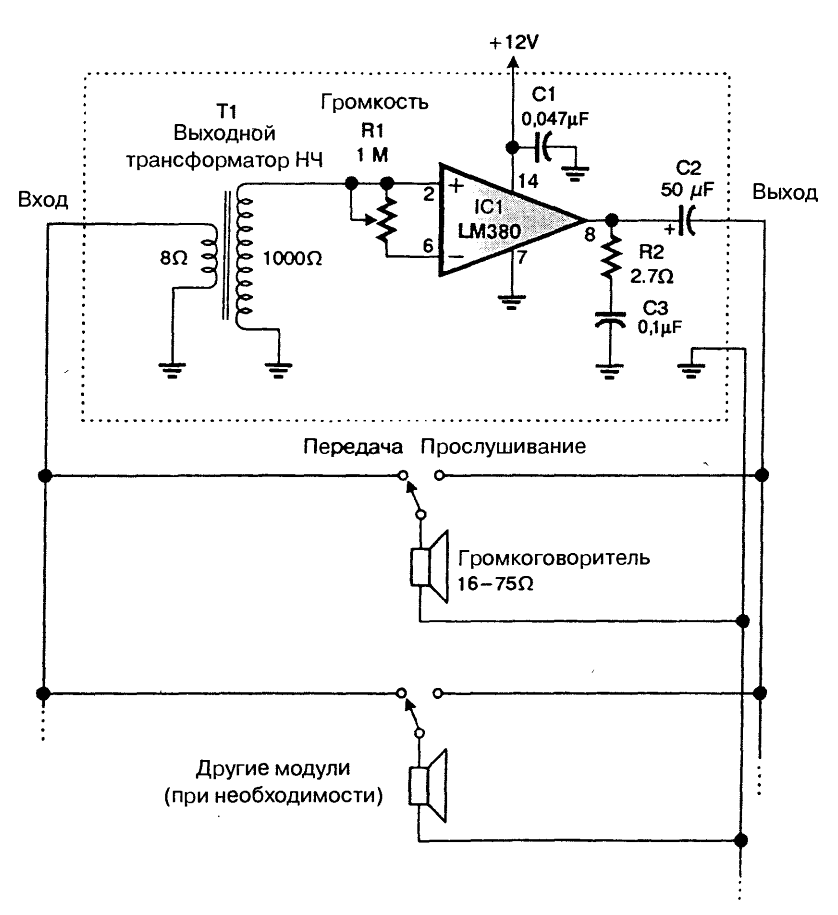


Electronic Design **Рис. 61.15 (г) – 61.15 (д)**

Структурная схема данного усилителя с активной обратной связью такая же, как в ИС AD830 фирмы Analog Devices и в ИС LTC1193 фирмы Linear Technology's, и может быть использована для построения прецизионного преобразователя напряжение–ток. Это позволяет создать интеграторы с заземленным конденсатором. Схема также применяется в качестве интегратора с дифференциальным входом, если нагрузкой Z_L будет служить конденсатор. На рис. 61.15б и 61.15в для сравнения показаны интегратор с заземленным конденсатором на основе ИС AD830 и обычный интегратор на ОУ. R1 на рис.61.15б и 61.15в и C1 на рис. 61.15б задают рабочую точку по постоянному току при тестировании, R2 и C2 определяют постоянную времени интегратора. Если ОУ на рис. 61.15в является идеальным (то есть его можно рассматривать как идеальный интегратор с нулевым выходным и бесконечным входным сопротивлениями), то единственным различием

между этими двумя схемами будет конечное входное сопротивление схемы с ОУ, определяемое R2. На кривой выходного напряжения обычного интегратора на ОУ наблюдаются большие выбросы при переключениях входного напряжения (см. рис. 61.15г). В выходном сигнале интегратора на базе ИС AD830 никаких выбросов нет, потому что конденсатор соединен с «реальной землей» (см. рис. 61.15д).

ПРОСТАЯ СХЕМА ГРОМКОГОВОРЯЩЕЙ СВЯЗИ

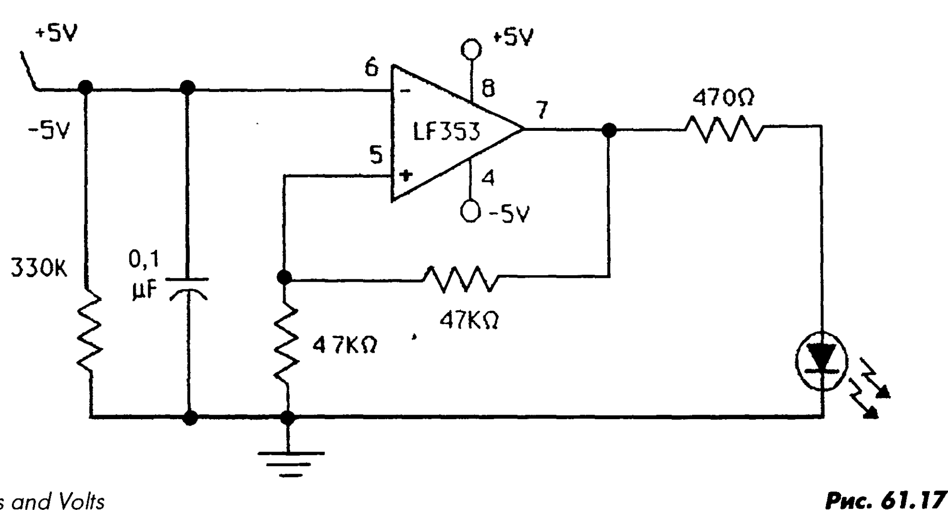


Electronics Now **Рис. 61.16**

В схеме громкоговорящей связи (Intercom) для усиления сигнала используется ИС LM380.

ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ НА ТРИГГЕРЕ ШМИТТА

Схема ячейки памяти.



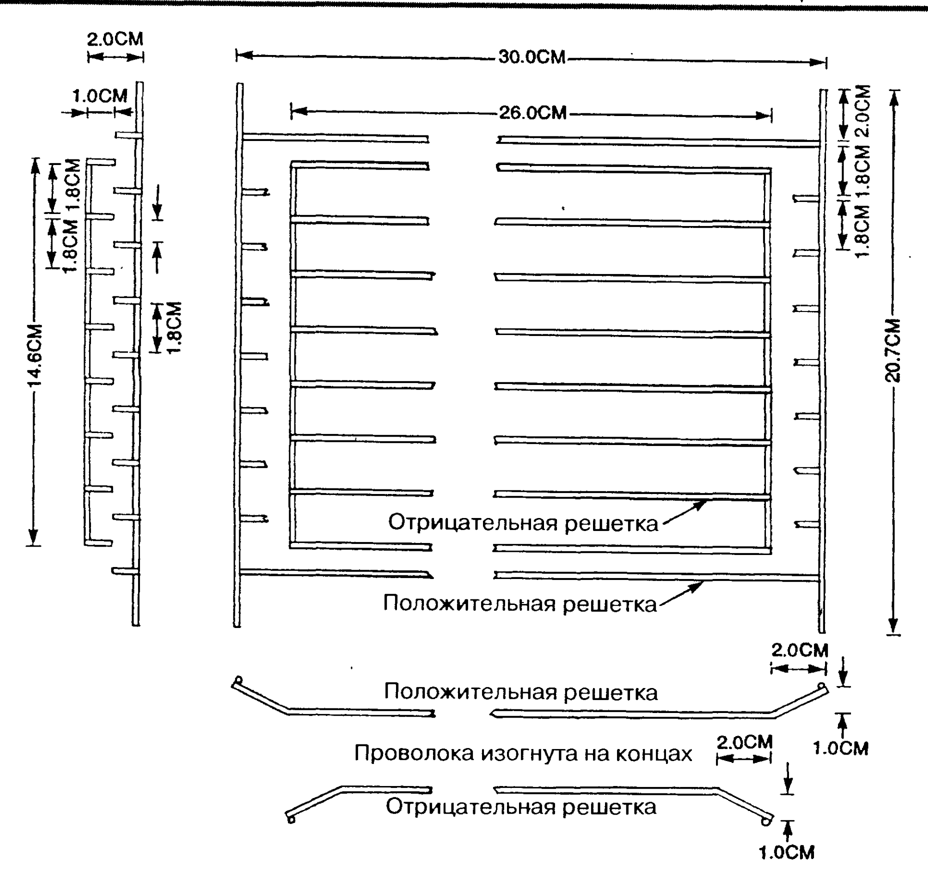
Nuts and Volts **Рис. 61.17**

Таблица истинности для ячейки памяти

-5V	+5V	LED
ON	OFF	ON
OFF	ON	OFF

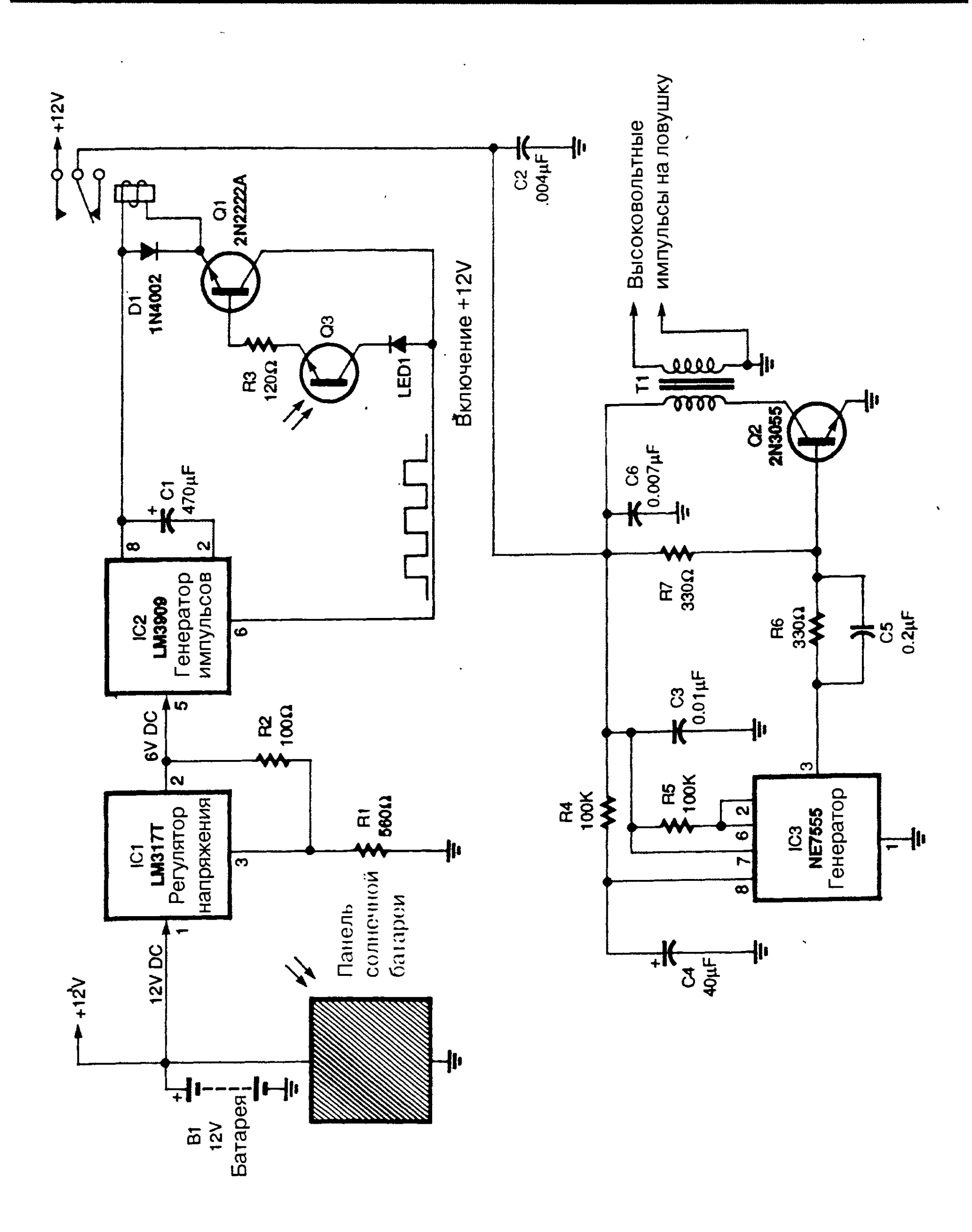
УСТРОЙСТВО С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ ДЛЯ БОРЬБЫ С НАСЕКОМЫМИ

Схема устройства состоит из импульсного блока, генератора импульсов и блока создания высоковольтного напряжения. В качестве источника питания использована солнечная панель мощностью 1–5 Вт и аккумулятор 12 В от мотоцикла или камкордера. Выход высоковольтной катушки зажигания соединен с системой параллельных электродов, называемой решеткой, на которую садятся насекомые (здесь их уничтожают). Напряжение на входе ИС LM3909 (IC2), работающей в качестве генератора, с помощью регулятора напряжения LM317T (IC1) устанавливается в пределах 6–9 В. Точное значение напряжения не важно, пока оно находится в указанных пределах. ИС LM3909 формирует серию импульсов, которые подаются на транзистор Q1 (2N2222A). В результате образуется схема импульсного выключателя. Положительные импульсы, приходящие от микросхемы IC2 на транзистор 2N2222A, создают импульсы тока, которые с интервалом 1–2 с включают на ~0,1 с реле RY1 (5В). Диод D1 защищает Q1 от обратного напряжения на катушке реле. Ночью или при сильной облачности схема переключателя



Popular Electronics **Рис. 61.18 (а)**

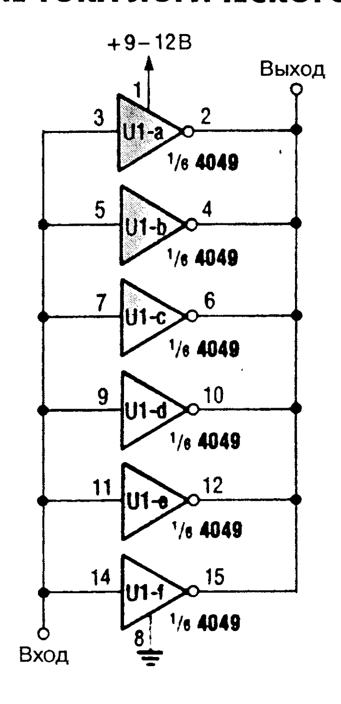
переводится в выключенное состояние фототранзистором Q3, внутреннее сопротивление которого увеличивается при снижении внешней освещенности. Увеличение сопротивления фототранзистора Q3 приводит к уменьшению положительного смещения базы Q1 и переводит транзистор в состояние отсечки. Светодиод LED1 служит для гашения напряжения. Реле, которое используется в качестве однополюсного выключателя, подает короткие импульсы напряжения от батареи 12 В на микросхему IC3 (таймер серии NE7555) генератора импульсов звуковой частоты. Эти импульсы управляют транзистором Q2 (2N3055) – усилителем мощности, на выходе которого включена автомобильная катушка зажигания T1, вырабатывающая высоковольтные импульсы напряжения для внешней решетки. Напряжение на выходе вторичной обмотки T1 составляет ~12000 В (размах). Питание схемы осуществляется от кислотно-свинцовой или никель-кадмиевой аккумуляторной батареи напряжением 12 В. Чтобы исключить необходимость частой ее подзарядки, следует использовать солнечную батарею (солнечную панель) мощностью 1 Вт или более, подобную применяемым для поддержания заряда автомобильных аккумуляторов.



Popular Electronics **Рис. 61.18 (б)**

Примечание. *Решетка ловушки изготавливается из жесткой проволоки, которая соединена с помощью пайки обычным или высокотемпературным припоем или сваркой. Для этой цели хорошо подходит, например, голый медный провод калибра No. 12. Он легко поддается формовке, а также хорошо паяется паяльником мощностью 100 Вт.*

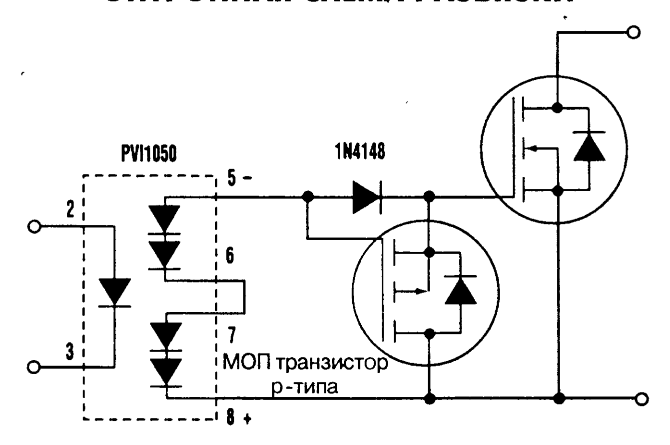
УВЕЛИЧЕНИЕ ТОКА ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА



Popular Electronics **Рис. 61.19**

Намного увеличить выходной ток можно параллельным соединением шести логических элементов микросхемы буферных инверторов типа 4049.

ОПТРОННАЯ СХЕМА РАЗВЯЗКИ

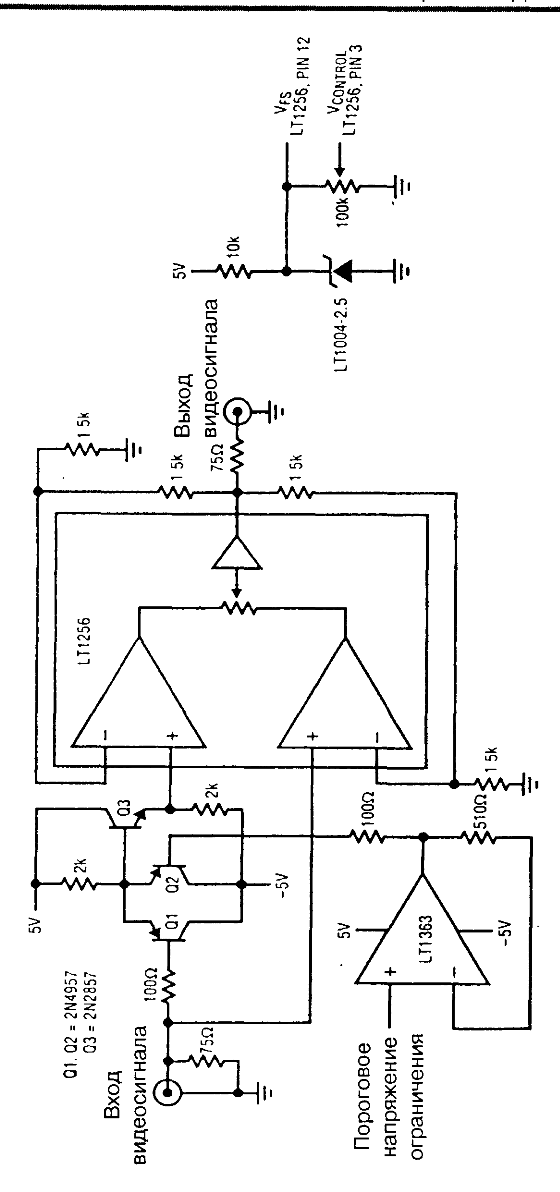


Electronic Design **Рис. 61.20**

Приведенную схему можно значительно улучшить, применив программируемый однопереходный транзистор (PUT). Преимущество PUT в сравнении с полевым МОП транзистором, имеющим канал p-типа и используемым для закорачивания затвора на «землю», заключается в следующем: он дешевле, способен быстро снизить потенциал затвора до предела, значительно меньшего, чем может достигнуть полевой МОП транзистор. PUT за 100 нс может разрядить емкость затвора 5 нФ, заряженную до напряжения 12 В.

УПРАВЛЯЕМЫЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ОГРАНИЧИТЕЛЬ АМПЛИТУДЫ

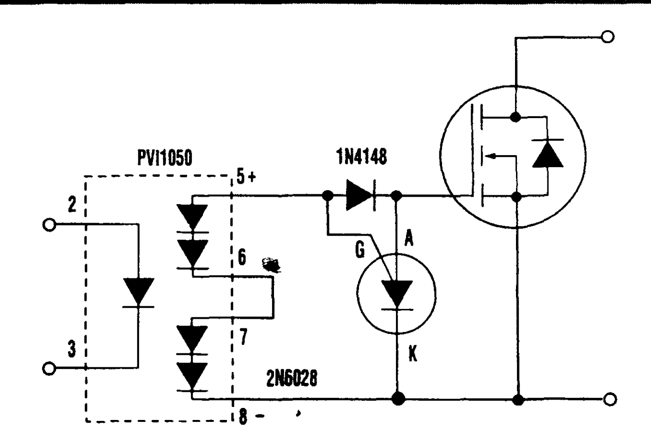
Схемы для ограничения амплитуды требуются в тех случаях, когда амплитуда сигнала не должна превышать некоторого заранее определенного максимального значения, например при подаче сигнала на АЦП или на модулятор. Ограничитель, полностью удаляющий сигнал, который превышает заданный уровень, используется часто, но бывают случаи, когда потеря информации нежелательна. Приведенная схема представляет собой усилитель с управляемым порогом ограничения. Когда величина входного сигнала достигает заранее определенного уровня (ограничения), коэффициент усиления уменьшается. Поскольку и уровень ограничения, и коэффициент усиления для сигналов, превышающих этот уровень, управляются напряжением, то схема может использоваться в системах, где требуется подстройка под изменяющийся уровень входного сигнала. Подобная адаптивная избирательная компрессия сигнала применяется в ПЗС видеокамерах, имеющих очень широкий динамический диапазон. Хотя эта схема создавалась для работы с видеосигналами, ее можно использовать для адаптивной компрессии любого сигнала в пределах полосы пропускания ИС усилителя типа LT1256, имеющей ширину 40 МГц. Микшер видеосигналов на ИС LT1256 включен так, чтобы, смешивая в некоторой пропорции входной сигнал и сигнал, прошедший через ограничитель, получить в результате переменный коэффициент усиления, регулируемый напряжением. Ограничение сигнала осуществляется дискретной схемой на трех транзисторах. Транзистор Q1 работает как эмиттерный повторитель до тех пор, пока входное напряжение не превысит напряжения на базе Q2 (напряжение ограничения, V_{BP}). Когда входное напряжение превысит V_{BP}, транзистор Q1 выключается, а Q2 фиксирует эмиттеры указанных транзисторов на напряжении $V_{BP} + V_{BE}$ (V_{BE} – напряжение между базой и эмиттером). Эмиттерный повторитель на Q3 используется как буфер. При этом возникающее на его переходе база–эмиттер падение напряжения в результате приводит к сохранению уровня постоянного напряжения входного сигнала. Напряжение порога ограничения на Q2 должно оставаться постоянным, когда этот транзистор открывается, иначе сигнал будет искажаться. Применяемая микросхема LT1363 обладает низким выходным сопротивлением в интервале частот, выходящем далеко за пределы частотного диапазона видеосигналов, и представляет собой превосходный буфер.



Linear Technology **Рис. 61.21**

ОПТРОННЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ С БЫСТРЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

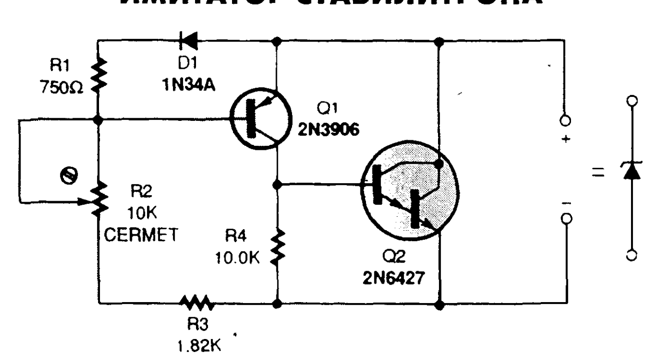
Использование фотогальванических оптронов (PVI) позволяет осуществить гальваническую развязку цепей управления полевых МОП транзисторов и IGBT. Однако при выключении они не могут обеспечить хорошее шунтирование затвора на «землю» для удаления с него заряда. Применение программируемого



Electronic Design **Рис. 61.22**

однопереходного транзистора (PUT) дает возможность очень быстро снизить потенциал затвора током величиной до 5 А и таким образом разрядить емкость затвора менее чем за 0,2 с. PUT представляет собой четырехслойную структуру, похожую на структуру кремниевого тиристора, но с намного более чувствительным управлением по аноду. В предлагаемой схеме управляющий электрод за счет сигнала оптрона выводится на напряжение, равное напряжению анода или превышающее его. При этом PUT удерживается в запертом состоянии, и ток в канале анод–катод отсутствует. Когда оптрон выключается, напряжение на управляющем электроде PUT становится ниже напряжения на аноде, PUT включается, и по каналу анод–катод начинает течь ток. Состояние проводимости сохраняется до тех пор, пока напряжение на затворе полевого МОП транзистора не уменьшится до ~0,5 В, тогда PUT перестает проводить и возвращается в исходное состояние для следующего цикла.

ИМИТАТОР СТАБИЛИТРОНА



Popular Electronics **Рис. 61.23**

Примечание. *Все резисторы имеют мощность 1/8 Вт и допуск 1%.*

Обычные стабилитроны, если не предусмотрена специальная компенсация, всегда имеют общий для них недостаток: при увеличении тока смещения стабилитрона положительный температурный коэффициент также увеличивается. К тому же температурный уход может быть отрицательным или положительным (в зависимости от напряжения на стабилитроне и конкретного значения тока смещения) даже для одного и того же диода на различных участках его характеристики. Кроме того, для имеющихся стабилитронов напряжения менее 5 В эффект стабилизации выражен не очень ярко, так как недостаточно малое динамическое сопротивление на участке стабилизации приводит к большому изменению напряжения в полном диапазоне рабочих токов. Предлагаемая схема – попытка решить эти проблемы. Диапазон токов смещения 1–20 мА, он может быть расширен при использовании в качестве Q2 более мощного транзистора. Напряжение стабилизации этого «стабилитрона» может изменяться от 1,5 до 6,5 В. Это напряжение определяется выражением:

$$V_Z = 0{,}60 + (R2 + R3)\ 0{,}375 / R1.$$

При любых положениях потенциометра R2 напряжение изменяется не более чем на 1% при изменении тока смещения от 2 до 20 мА. Напряжение эмиттер–база транзистора Q1 используется как опорное, температурная зависимость которого компенсируется германиевым диодом D1 типа 1N34A. В результате на резисторе R1 устанавливается стабильное падение напряжения величиной ~0,375 В при токе через резисторный делитель с постоянной величиной 0,5 мА. Итоговая зависимость температурного коэффициента является сложной, но он не превышает –2 мВ/°С, благодаря взаимодействию диода и транзисторов. Составной транзистор Q2 пропускает через себя весь ток смещения за исключением 650 мкА, необходимых для смещения опорного элемента.

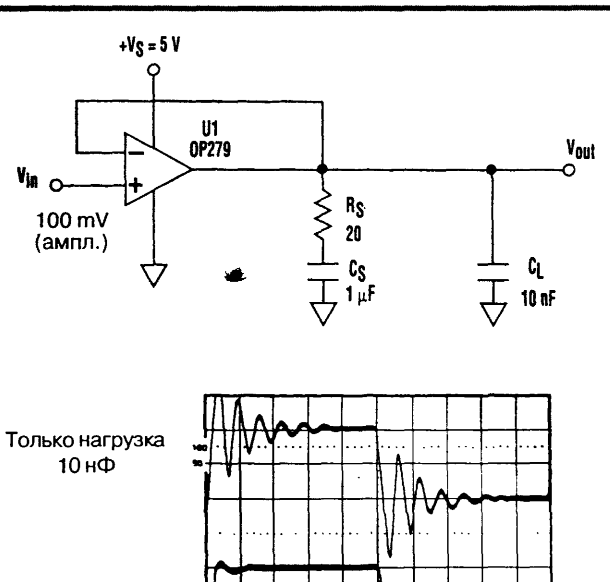
ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПОВТОРИТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Повторитель напряжения с единичным коэффициентом усиления, работающий на емкостную нагрузку, имеет повышенное время установления выходного сигнала. Использование демпфирующей цепочки R_S–C_S позволяет компенсировать влияние емкостной нагрузки, такой как C_L, без потери амплитуды выходного сигнала.

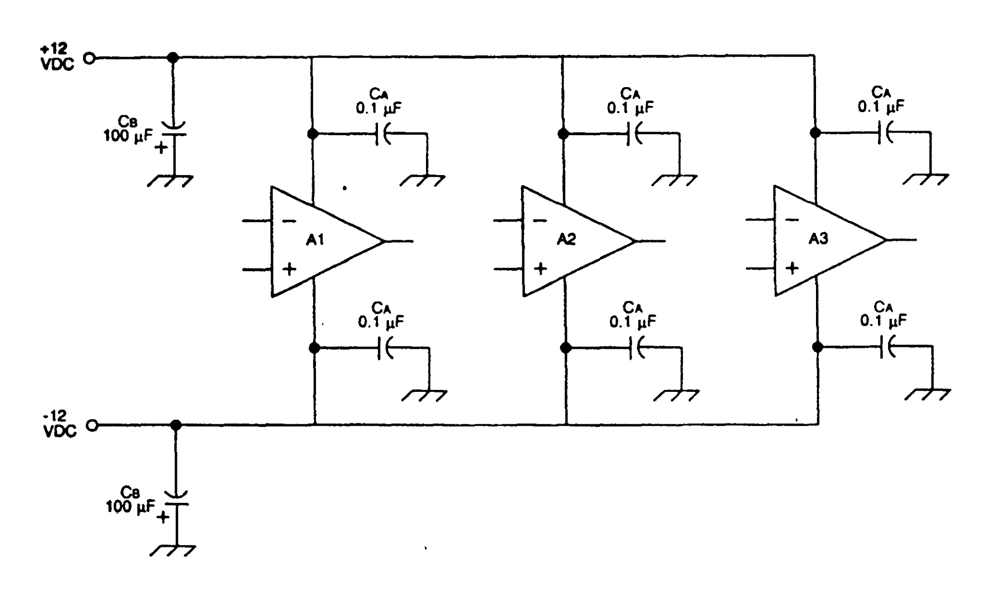
Сравнение осциллограмм выходного сигнала до и после включения демпфирующей цепочки показывает сильное ослабление выбросов напряжения. Верхняя осциллограмма получена в отсутствие демпфирующей цепочки, нижняя – при ее наличии (рис. 61.24).

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ К СХЕМЕ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ

Подключение питания постоянного тока к многокаскадным схемам фильтров с большим числом операционных усилителей требует тщательной проработки.



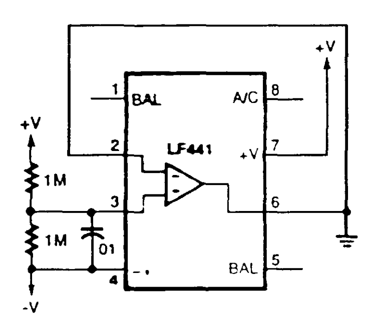
Electronic Design **Рис. 61.24**



73 Amateur Radio Today **Рис. 61.25**

Это позволяет избежать возникновения любых паразитных колебаний (самовозбуждения) в каком-либо из операционных усилителей, а также устранить возможные паразитные связи между операционными усилителями, появляющиеся из-за плохого качества источников питания. На схеме представлен метод правильного подключения, позволяющего решить эти проблемы. Конденсаторы C_A, керамические, емкостью от 0,1 до 1 мкФ, должны быть установлены как можно ближе к корпусу соответствующего операционного усилителя. Конденсаторы C_B, емкостью от 100 до 500 мкФ, включаются между проводом питания и корпусом, обычно в месте ввода напряжения питания. Следует отметить, что эти конденсаторы полярные и должны включаться в схему с учетом полярности; в противном случае они могут быть повреждены.

СХЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ «ВИРТУАЛЬНОЙ ЗЕМЛИ»

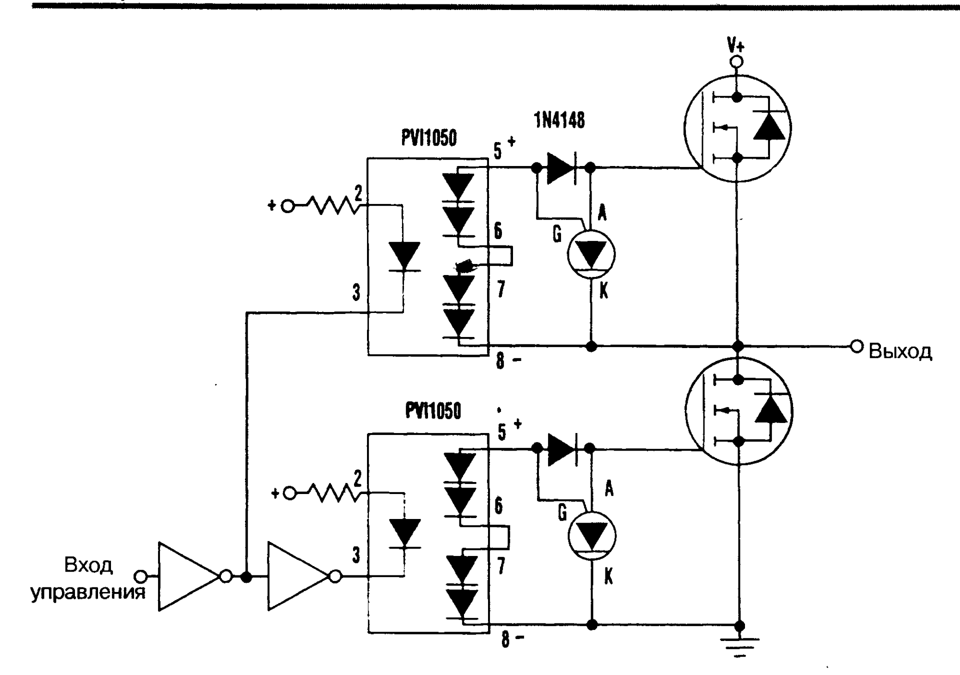


Electronics Now **Рис. 61.26**

В этой схеме целесообразно использовать маломощный ОУ, например хороший и недорогой усилитель National LF441 (не путать с 411-м!). Вывод 6 – это выход «виртуальной земли». Схема нормально действует при снижении напряжения батареи до 6 В. Потребляемый ток составляет ~160 мкА.

ОПТРОННЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ С БЫСТРЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

За счет программируемого однопереходного транзистора (PUT) можно построить очень простую полумостовую схему переключателя на полевых транзисторах (или на IGBT). PUT дает возможность использовать комбинацию медленного включения (слабого утягивания вверх) с помощью фотогальванического оптрона и быстрого выключения (сильного утягивания вниз). Процессы выключения происходят очень быстро, а процессы включения – очень медленно. В процессе переключения отмечается интервал «мертвого» времени, поэтому дополнительные



Electronic Design **Рис. 61.27**

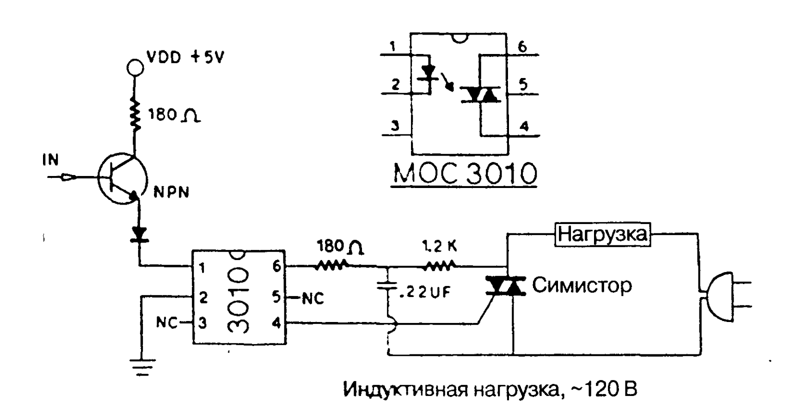
схемы для предотвращения повреждения источников питания за счет сквозных токов (эффекта «прострела») не нужны.

ТИПОВОЙ СИМИСТОРНЫЙ КЛЮЧ ДЛЯ ИНДУКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

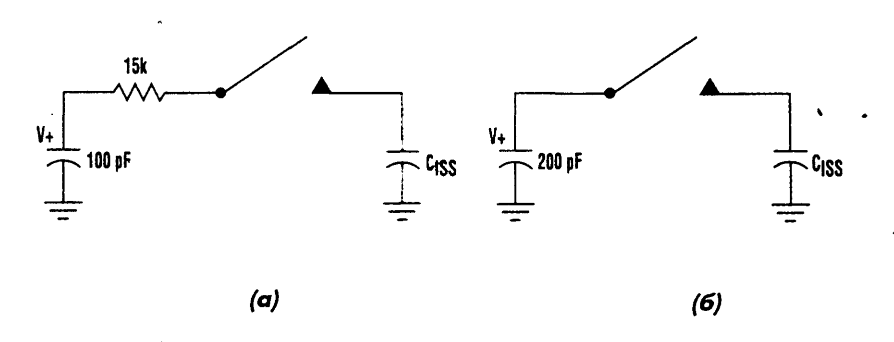
Схема (рис. 61.28) действует следующим образом: входной сигнал ТТЛ уровня через оптрон типа MOC3010 включает симистор, который в свою очередь подводит переменное напряжение 120 В к нагрузке.

МОДЕЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ТЕЛА

Модель человеческого тела (HBM) представляется в виде последовательно соединенных конденсатора и резистора (а); модель машины (ММ) – просто в виде конденсатора (б). Модель заряжается до требуемого напряжения V+ и подключается к испытываемому устройству. Если входная емкость устройства (C_{ISS}) заряжается до напряжения, превышающего напряжение пробоя, то устройство повреждается (рис. 61.29).



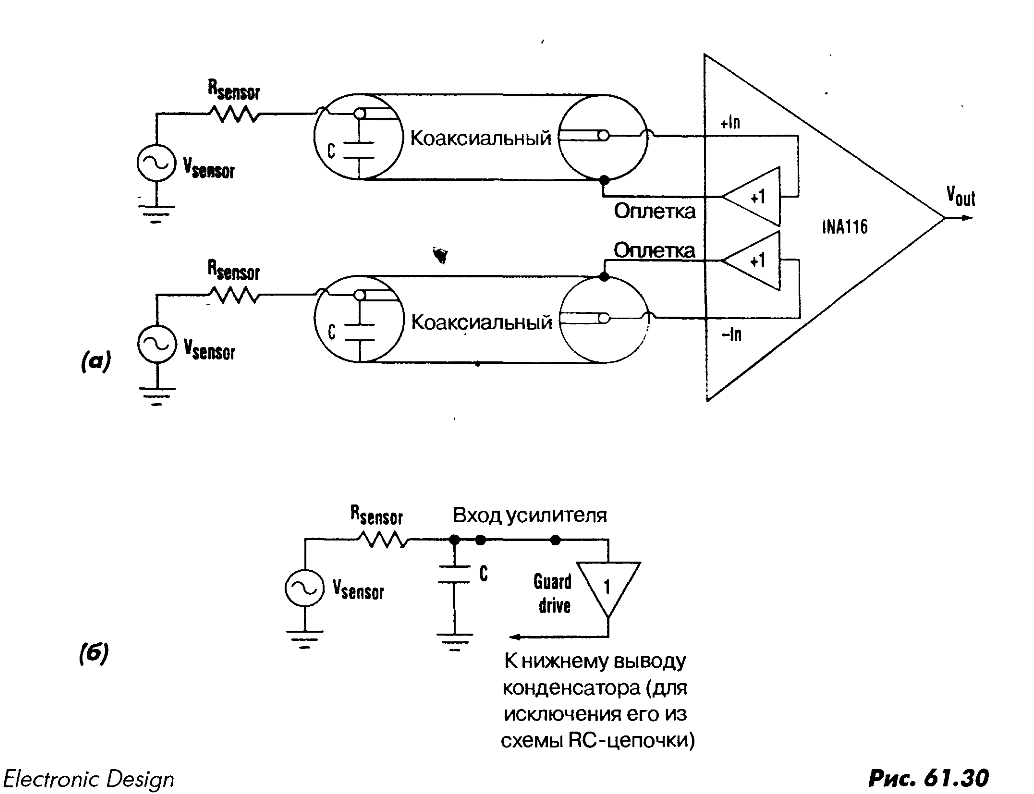
Nuts and Volts **Рис. 61.28**



Electronic Design **Рис. 61.29**

«ОХРАННОЕ» ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Схема «охранного» заземления способна улучшить подавление синфазных помех и повысить коэффициент усиления в тех случаях, когда в схеме усиления присутствует RC-цепочка, состоящая из сопротивления источника сигнала и емкости коаксиального кабеля (а). Эта схема снижает до нуля напряжение на емкости кабеля (и ток через эту емкость), таким образом эффективно исключая ее из эквивалентной схемы RC-фильтра (б).

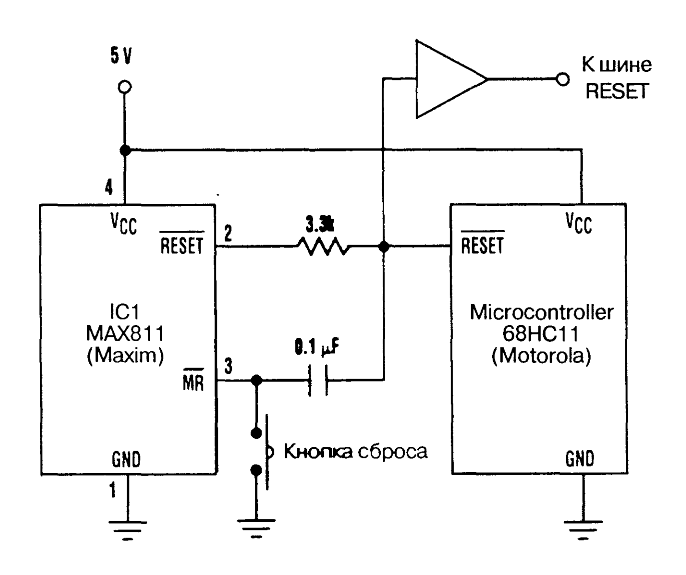


Electronic Design **Рис. 61.30**

СХЕМА СБРОСА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА С УВЕЛИЧЕННЫМ ИМПУЛЬСОМ

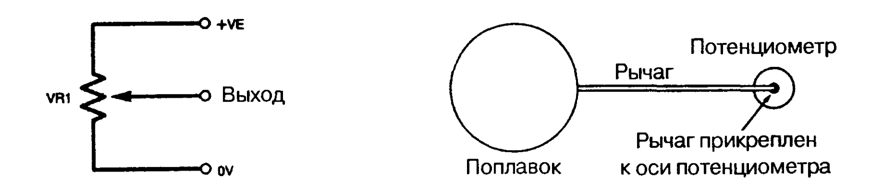
Некоторые микроконтроллеры (как, например, микроконтроллер 68HC11 фирмы Motorola) имеют двунаправленный вывод RESET, что может создать проблему конфликта этого выхода с входами начальной установки некоторых управляемых микросхем. Например, если вывод RESET управляющей ИС имеет высокий уровень, а микроконтроллер пытается сделать его низким, то в результате может получиться промежуточный уровень, который не сбросит микроконтроллер. К тому же некоторые устройства, подключенные к шине RESET, требуют импульс сброса большей продолжительности, чем вырабатывает микроконтроллер. Интегральная схема IC1, показанная на рисунке, решает эту проблему, вырабатывая импульс RESET длительностью не менее 140 мс. Ее выходной сигнал RESET возникает либо при инициировании микроконтроллером процедуры сброса после нажатия кнопки сброса MR, либо при изменении напряжения V_{CC} ниже некоторого порогового значения, определяемого микросхемой IC1. Когда линия RESET принимает низкий уровень благодаря микросхеме IC1 или микроконтроллеру, вывод MR также оказывается

на низком уровне. Затем потенциал вывода MR начинает увеличиваться (начинается время «ожидания» с типичной продолжительностью ~200 мс), так как происходит заряд конденсатора через внутренний резистор, утягивающий вверх вывод MR. По окончании интервала ожидания сигнал RESET микросхемы IC1 прекращается, при этом конденсатор разряжается через внутренний резистор, утягивающий вверх, и через защитный диод.



Electronic Design **Рис. 61.31**

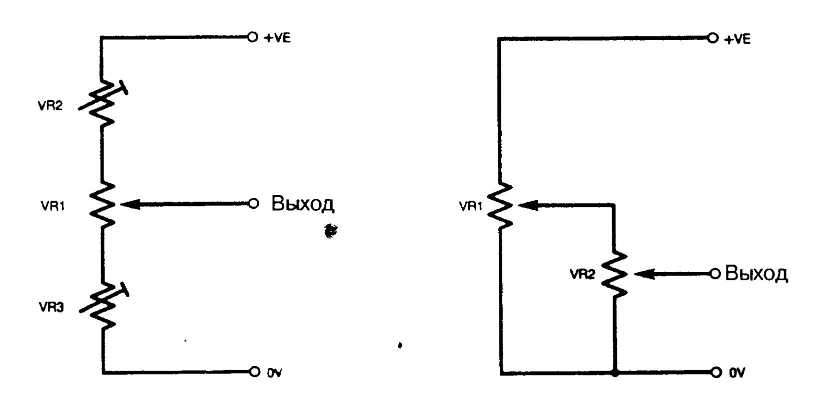
ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ



Everyday Practical Electronics **Рис. 61.32**

Потенциометр можно применять для преобразования координаты в напряжение. На рисунке показано использование потенциометра для определения изменений уровня воды.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИОМЕТРА

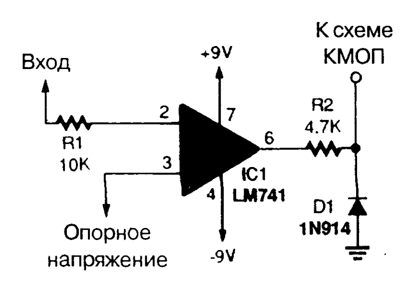


Everyday Practical Electronics **Рис. 61.33**

На рисунке показаны два способа ограничения диапазона изменения выходного напряжения, снимаемого с потенциометра.

ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ СХЕМ КМОП

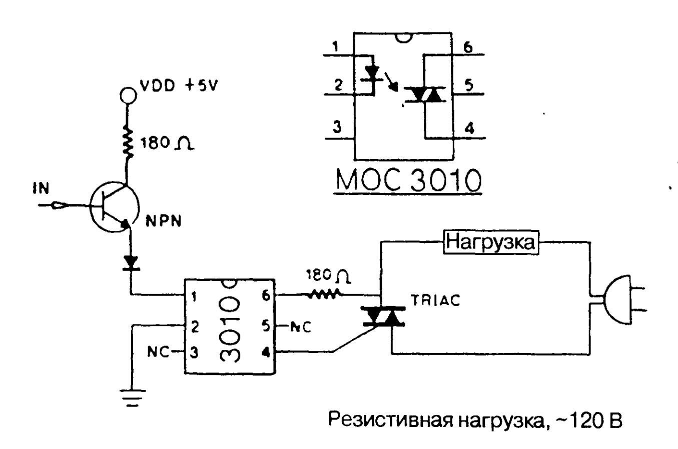
Эта схема позволяет вводить в цифровую систему данные от любой аналоговой схемы.



Popular Electronics **Рис. 61.34**

ТИПОВОЙ СИМИСТОРНЫЙ КЛЮЧ ДЛЯ РЕЗИСТИВНОЙ НАГРУЗКИ

На схеме входной сигнал ТТЛ уровня через оптрон типа MOC3010 включает симистор, который подводит переменное напряжение 120 В к нагрузке.



Nuts and Volts **Рис. 61.35**

ЧАСТОТНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ В ИМПУЛЬСНОМ РЕГУЛЯТОРЕ НАПРЯЖЕНИЯ С ПОСТОЯННЫМ ВРЕМЕНЕМ ВЫКЛЮЧЕННОГО СОСТОЯНИЯ

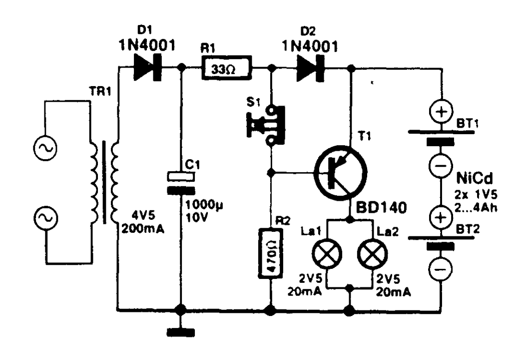
Импульсные регуляторы напряжения с постоянным временем выключенного состояния обладают рядом преимуществ перед регуляторами с постоянной частотой. Единственной потенциальной проблемой является увеличение частоты переключения при повышении входного напряжения. В конструкциях с большой разницей максимального и минимального напряжений это изменение частоты бывает весьма значительным. В результате при максимальных входных напряжениях потери на переключение могут стать чрезмерно большими. Для преодоления данной проблемы применена простая схема, которая определяет наличие высокого входного напряжения и понижает частоту переключения с целью уменьшения динамических потерь. Схема изменения частоты состоит из стабилитрона CR3, резистора R8, транзистора Q1 и конденсатора C12. Когда напряжение V_{IN} превышает сумму напряжений стабилитрона и порогового полевого транзистора, Q1 открывается и подключает параллельно времязадающему C10 дополнительный конденсатор C12. Благодаря этому время выключенного состояния увеличивается, и частота переключения снижается.

+VBATT
5 V to 24 V
CR2
BAT54
CR4
BAT54
SI9430DY
QP1
C8
22 µF
35 V
C9
22 µF
35 V
C3
0.1 µF
+5 V
C4 .15 µF
VIN PGATE
EXTVCC
PDRIVE
CAP
VCC
VCC
U1
LTC1159
Shutdown
SHD2
VFB
ITH
CT
SENSE+
SENSE–
NGATE
PGND SGND
R1
100
L1
10 µH
R5
0.033
C7 1000 pF
R2 100
CR3
12 V
C12
120 pF
Q1
2N7002
C5
3.3 µF
10k
R7
C11
1000 pF
R6
5.1k
C10
270 pF
R8
10k
QN1
SI9410DY
CR1
MBRS140
C2
220 µF
10 V
C1
220 µF
10 V
+Vout
2.9 V @ 3.0 A
R4
10k
1%
R3
7.50k
1%
C6
1000 pF
RTN
RTN

Electronic Design

Рис. 61.36

НЕДОРОГОЙ ИСТОЧНИК АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



Elektor Electronics **Рис. 61.37**

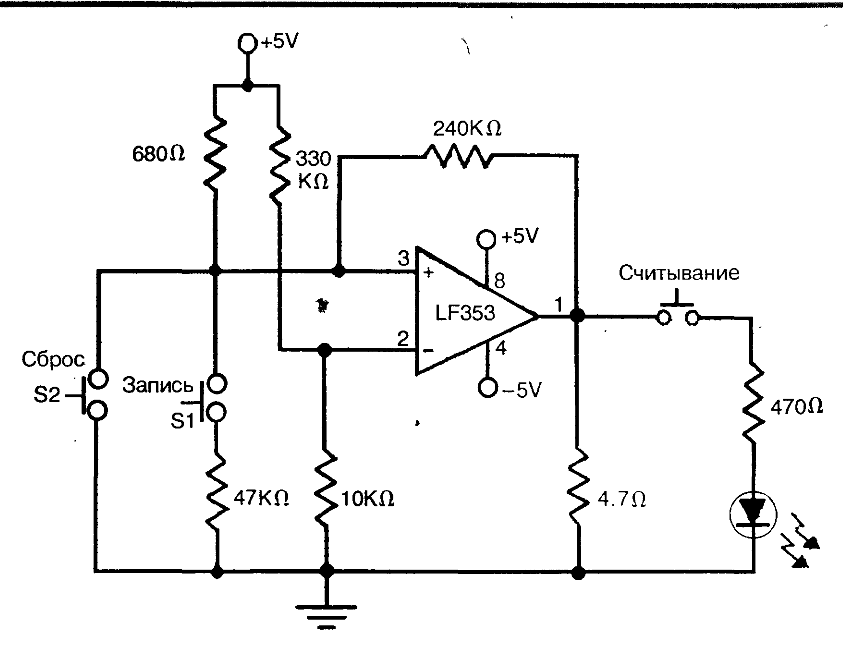
В представленной схеме имеются два никель-кадмиевых (NiCd) аккумулятора, используемые в качестве резервного источника питания для двух ламп аварийного освещения, которые автоматически включаются в случае аварийного отключения электроэнергии. Диод D1 и сглаживающий конденсатор C1 образуют обычный однополупериодный выпрямитель с выходным напряжением ~6 В. Это напряжение используется для непрерывного заряда двух последовательно соединенных NiCd элементов током от 80 до 100 мА, протекающим через резистор R1 и диод D2. При такой величине зарядного тока NiCd аккумулятор емкостью 2 А·ч может без вреда находиться под зарядкой в течение продолжительного времени. Падение напряжения на диоде D2 создает обратное смещение для перехода база–эмиттер транзистора T1. Следовательно, транзистор находится в закрытом состоянии, и лампочки, включенные в цепь его коллектора, не горят. В случае отключения энергии в цепь базы транзистора от батареи поступает ток через резистор R2, и миниатюрные лампы включаются. Как только поступление энергии возобновляется, транзистор T1 выключается и аккумулятор заряжается через R1 и D2.

ЯЧЕЙКА ПАМЯТИ С КНОПОЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Схема ячейки памяти (рис. 61.38).

Таблица 61.2

S1	S2	S3	LED
X	–	X	ON
–	X	X	OFF



Nuts and Volts **Рис. 61.38**

СХЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ЭДС САМОИНДУКЦИИ

В схемах управления многих современных бесколлекторных электродвигателей используются интегральные схемы, определяющие текущее положение ротора по сигналам противо-ЭДС электродвигателя. В униполярной конфигурации управляющая ИС синхронизирует фазы трех токов возбуждения управления, определяя моменты, когда каждый из соответствующих сигналов самоиндукции поднимается чуть выше или опускается чуть ниже напряжения питания двигателя V_{BATT} (рис. 61.39). Эти моменты времени известны, как моменты перехода через нуль. В рассматриваемой схеме такие сигналы смещаются вниз к опорному уровню V_{REF}. Полевой МОП транзистор M1 вместе с резистором R1 и npn-транзистором Q1 вырабатывают опорный ток I1, равный $(V_{BATT} - V_{REF}) / R1$. Данный опорный ток повторяется в транзисторах Q2, Q3 и Q4. Поскольку R2 = R3 = R4 = R1, то падения напряжения на указанных резисторах равны. Это означает, что напряжения Vl2, Vl3 и Vl4 изменяются вверх и вниз относительно напряжения V_{REF} так же, как напряжения V_{C2}, V_{C3} и V_{C4} – относительно напряжения V_{BATT}. Выравнивание сопротивлений R1 – R8 с точностью до 1% позволяет зарегистрировать сигналы ЭДС самоиндукции с амплитудой от 200 мВ. Диод D1 предназначен для защиты затвора транзистора M1 от больших выбросов напряжения на источнике питания (V_{BATT}). Диоды электростатической защиты, имеющиеся в ИС SSI595, вместе с резисторами R2, R3 и R4 защищают микросхему от возможных опасных выбросов напряжений V_{C2}, V_{C3} и V_{C4}.

SSI32M595 - контроллер двигателя без датчиков положения ротора

Блок переключательной логики

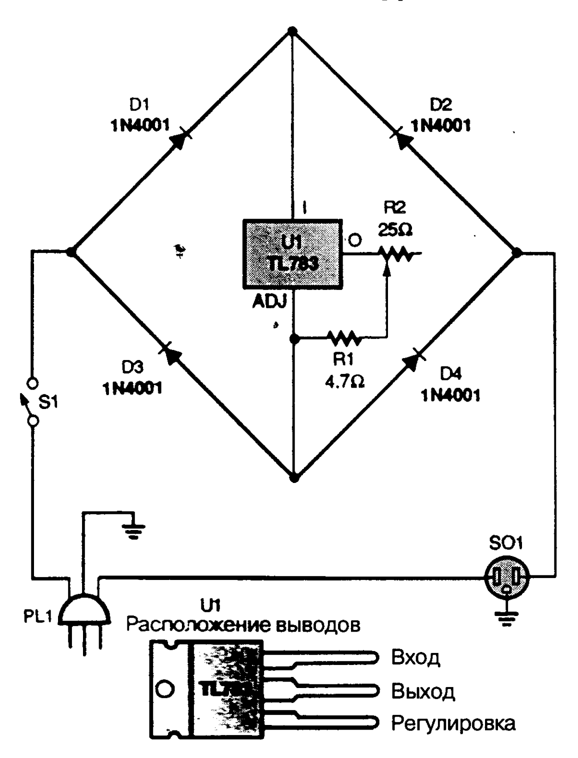
V_{CC} = 5 V
4
21
24
18
25
19
22
12
27 COILCT
GND
V_{BATT} 9 to 24 V
V_{c2}
V_{c3}
V_{c4}
1.0 H
1.0 H
1.0 H
R_1 50 k
R_2 50 k
R_3 50 k
R_4 50 k
V_{t2}
V_{t3}
V_{t4}
V_{CC}
D1 1N4001
M 1 3N170
V_{REF}
Q1 BC548
Q2 BC548
Q3 BC548
Q4 BC548
R_9 22 k
R_5 2 k
R_6 2 k
R_7 2 k
R_8 2 k
GND

Electronic Design

Рис. 61.39

Примечание. *Все резисторы имеют допуск 1%.*

ТОКООГРАНИЧИТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С МАЛЫМ УРОВНЕМ РАДИОПОМЕХ

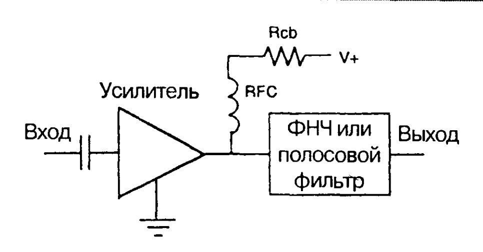


Popular Electronics **Рис. 61.40**

Данный регулятор тока может работать с любым потребителем переменного тока. Он не требует применения специальных схем с переключением в нуле, поскольку в нем не используются симисторы. Вместо этого схема ограничения тока уменьшает максимальные значения тока, соответствующие пикам волны переменного напряжения. Такое решение более предпочтительно по сравнению с работой симистора в устройстве плавного регулирования силы света, где симистор резко включается и создает значительные радиопомехи (даже при использовании схемы с переключением в нуле). Это происходит во всех режимах, кроме режима включения на полную мощность.

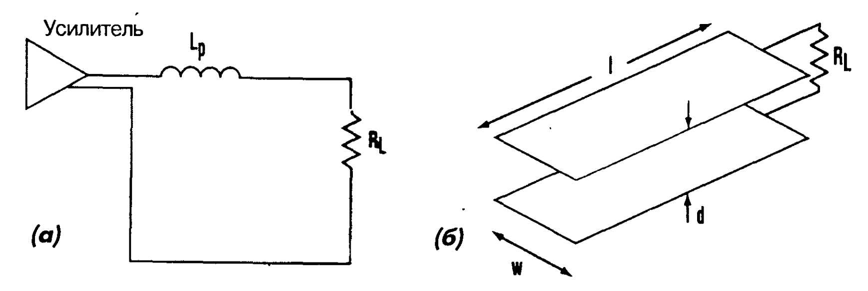
УМНОЖИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ОСНОВЕ УСИЛИТЕЛЯ

При достаточном уровне возбуждения усилитель переменного сигнала может выполнять функцию эффективного умножителя частоты.



RF Design **Рис. 61.41**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ КОРОТКИХ ИМПУЛЬСОВ



Electronic Design **Рис. 61.42**

Примечание.

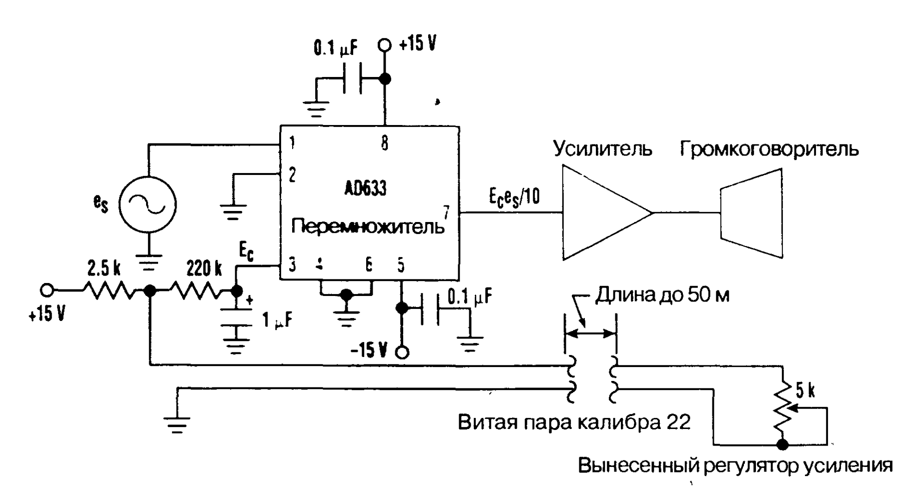
К рис. 61.42а. Паразитная индуктивность соединительных проводов может ограничить скорость переключения этого усилителя.

К рис. 61.42б. Для уменьшения индуктивности, выявленной на рис. 61.42а, допустимо вместо соединительных проводов использовать микрополосковую линию.

СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ НАВОДОК НА ВЫНЕСЕННЫЙ РЕГУЛЯТОР УСИЛЕНИЯ

В некоторых случаях требуется использовать регулятор усиления, удаленный от усилителя и громкоговорителя. Однако простой вынос из обычного усилителя потенциометра регулятора усиления и размещение на значительном расстоянии от усилителя приведет к засорению сигнала шумовыми наводками. Одним из простых способов решения этой проблемы является применение аналогового перемножителя в качестве элемента, управляющего усилением. Резистор сопротивлением 2,5 кОм и вынесенный потенциометр регулировки усиления образуют делитель напряжения источника +15 В, выходное напряжение которого фильтруется низкочастотным RC-фильтром. Сопротивление скрученной пары проводов пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением потенциометра 5 кОм.

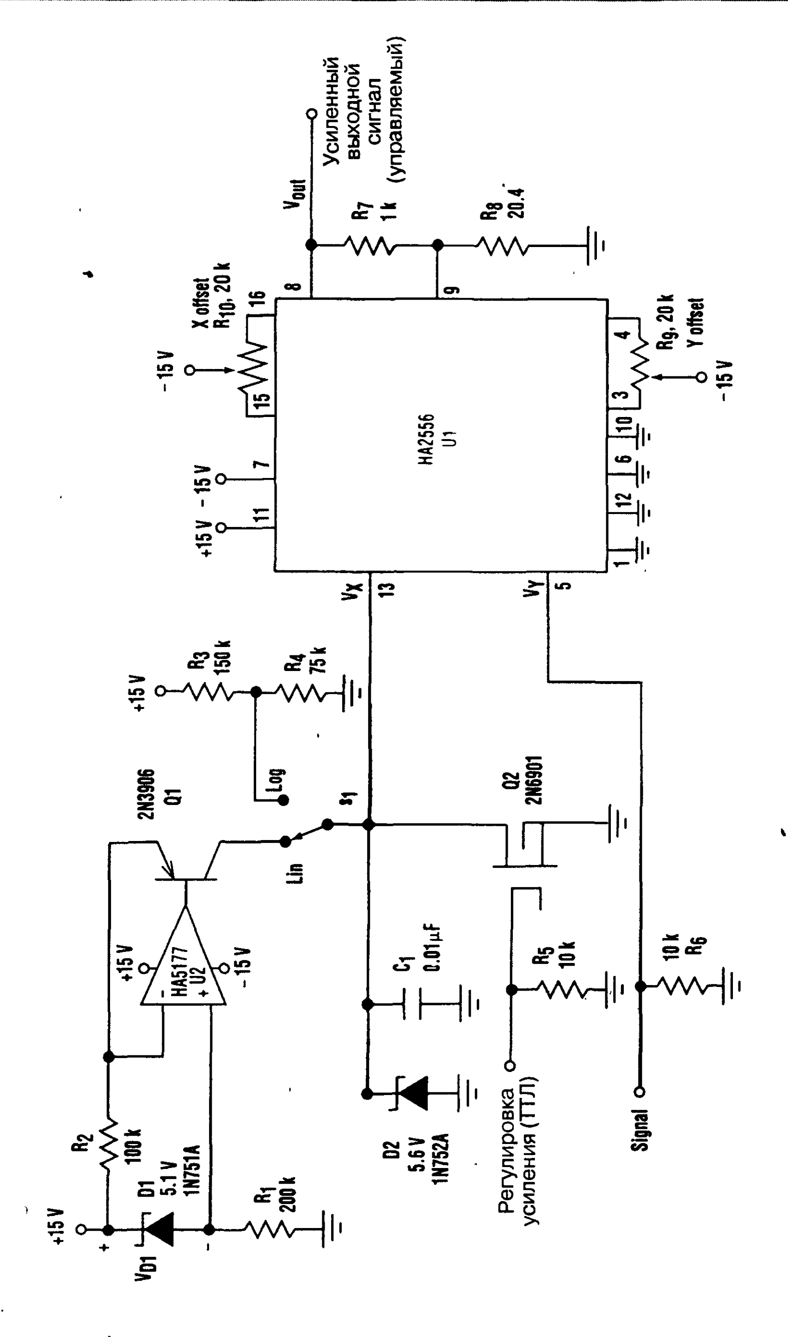
Когда вынесенный потенциометр регулятора усиления имеет максимальное сопротивление, управляющее напряжение E_C на выводе 3 перемножителя становится равным +10 В. При этом на вход усилителя поступает максимальный сигнал, равный исходному входному e_S. Соответственно, когда потенциометр регулятора усиления установлен на нулевое сопротивление, сигнал на входе усилителя номинально равен нулю. Любые переменные сигналы, которые можно наводить на соединительные провода вследствие их большой длины, эффективно подавляются благодаря большой постоянной времени используемого фильтра нижних частот.



Electronic Design **Рис. 61.43**

РАСШИРИТЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ЭХОСИСТЕМ

Динамический диапазон эхосистем может быть расширен при использовании предварительного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления. В предлагаемой схеме в качестве предварительного усилителя с регулируемым коэффициентом усиления, определяющего также полосу пропускания сигнала и его шум-фактор, использован перемножитель HA2556 фирмы Harris Semiconductor. Эхосистемы в которых применяется предусилитель с фиксированным коэффициентом усиления, обладают узким динамическим диапазоном в связи с тем, что близко расположенные объекты (малое время возврата сигнала) создают сигналы большой амплитуды, в то время как удаленные объекты (большое время возврата) – намного меньшей. Одним из решений данной проблемы является использование предварительного усилителя, коэффициент усиления которого пропорционален времени. При этом усиление будет мало́ для близких объектов и велико для удаленных. Предусилитель должен удовлетворять всем предъявляемым к нему требованиям, таким как, например, ширина полосы пропускания и шумовые

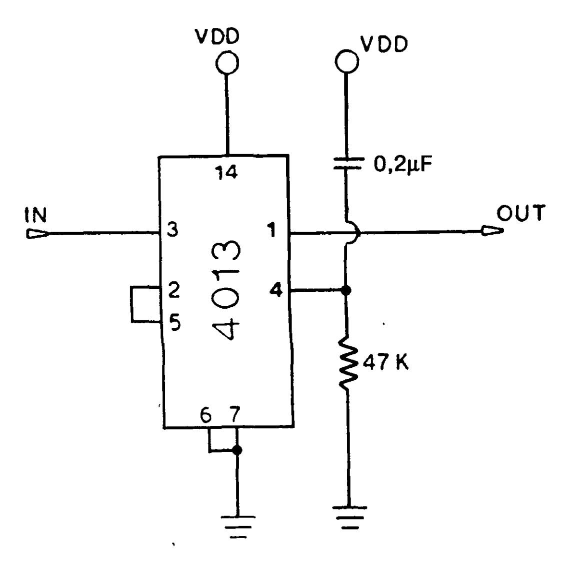


Electronic Design

Рис. 61.44

характеристики. Кроме того, добавление функции зависимости коэффициента усиления от времени не должно приводить к ухудшению сигнала. Такой предусилитель может быть построен на основе ИС перемножителя HA2556. Эта ИС определяет полосу пропускания сигнала и шум-фактор, поскольку является единственным компонентом на пути прохождения сигнала. ОУ HA5177 и связанные с ним элементы образуют источник фиксированного тока, величина которого (I) равна V_{D1} / R2 = 51 мкА. Когда переключатель S1 находится в положении Lin (Linear), а затвор транзистора Q2 поддерживается на высоком уровне, то источник тока закорочен на «землю» транзистором Q2 и коэффициент усиления перемножителя равен нулю. По завершении передачи исходящего сигнала потенциал затвора Q2 снижается, и этот транзистор переходит в состояние с очень высоким сопротивлением (почти разомкнутая цепь). Следовательно, начинается линейный заряд конденсатора C1 током от ИС HA5177. Напряжение на C1 нарастает от 0 до 5 В за 1 мс. На начальном участке этого нарастания, когда амплитуда возвращающегося сигнала очень велика, коэффициент усиления перемножителя мал, потому что мало напряжение V_X. С течением времени напряжение V_X и коэффициент усиления увеличиваются, так как ожидаемое эхо уменьшается по амплитуде. В результате размах выходного напряжения перемножителя сохраняется постоянным при больших изменениях входного сигнала. Динамический диапазон расширяется в соответствии с величиной входного сигнала в процессе линейного нарастания, который при значениях параметров, указанных на схеме, превышает 60 дБ.

СХЕМА ДЕЛИТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА 2 НА ОСНОВЕ ИС 4013

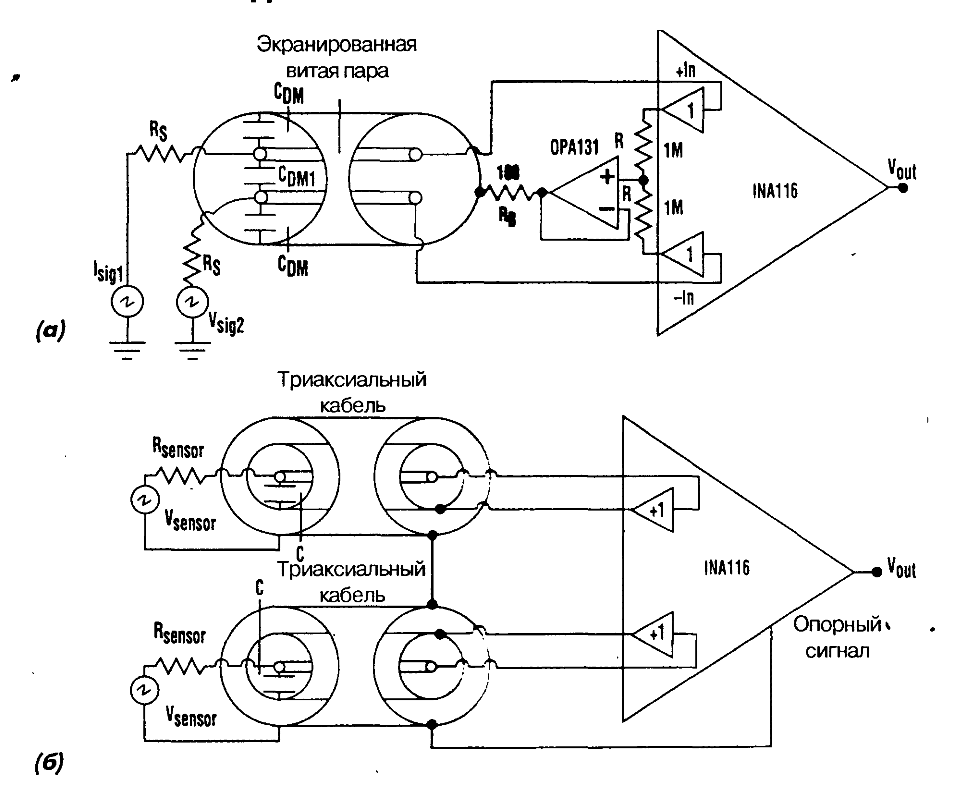


Nuts and Volts

Рис. 61.45

Эта схема действует следующим образом: первый импульс, приходящий на вход, переводит выход в высокое логическое состояние, второй – в низкое. Напряжение питания схемы может быть от 5 до 15 В.

МЕТОД БОРЬБЫ С ПАРАЗИТНОЙ ЕМКОСТЬЮ



Electronic Design **Рис. 61.46**

Экранированный кабель типа «витая пара» (рис. 61.46) исключает влияние синфазной емкости, но дифференциальная емкость при этом остается (а). Использование триаксиального кабеля позволяет исключить как синфазную, так и дифференциальную емкости (б).

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Примечание.

1. *Резисторы имеют допуск 5%.*
2. *Все конденсаторы керамические (исключение отмечено в п. 3).*

+5 V in

CR3 (прим. 4)

CR2 (note 4)

C3 (прим. 5)

R2 330

Q1 2N3906

R3 510

R4 200

C2 (прим. 5)

CR1 (прим. 4)

VG

C1 (прим. 5)

R1 1 M

Q2 2N3904

GND

U1 LM555

4 8 2 7 3 5 1 6

C4 0.01 μF

R5 1 k

R6 15 k

C5 0.001 μF

Рис. 61.47

Electronic Design

3. Емкости конденсаторов C1, C2 и C3 зависят от требуемого тока нагрузки. Для «слаботочного» варианта используют керамические конденсаторы емкостью 0,022 мкФ (Panasonic ECU-S1J223MEA или аналогичные), для «сильноточного» – алюминиевые электролитические конденсаторы 10 мкФ на 25 В (Panasonic ECE-A1EGE100 или аналогичные), обращая внимание на указанную полярность включения.

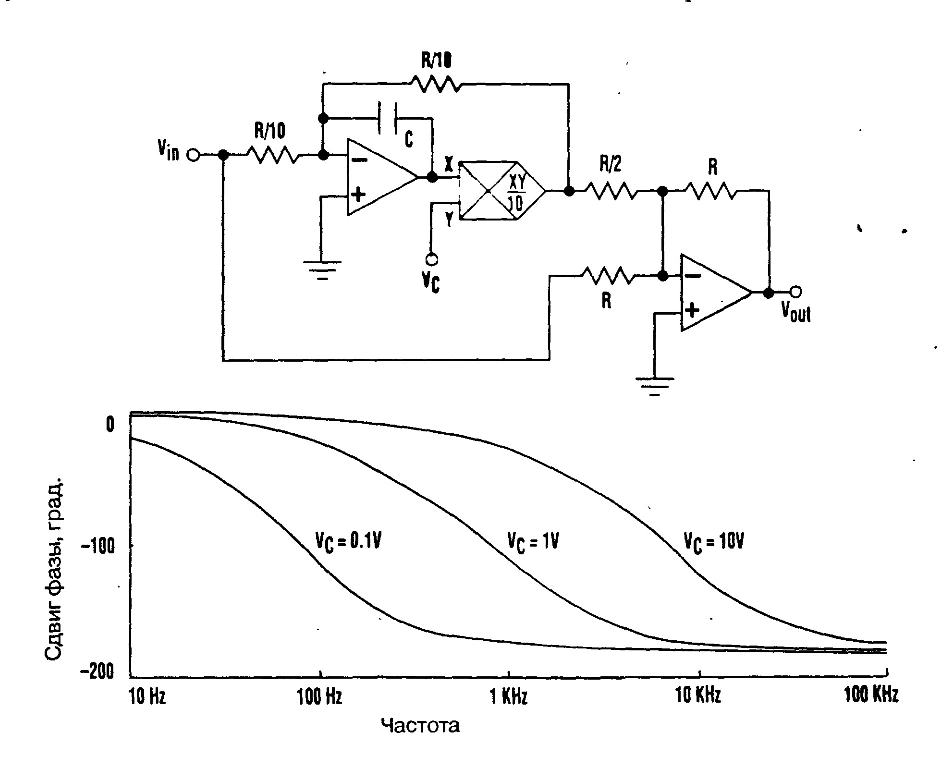
4. Тип диодов CR1, CR2 и CR3 зависит от тока нагрузки.

Для «малых» токов используют диоды типа 1N4148 или подобные, для «больших» – маленькие диоды Шоттки, например типа 1N5158 или подобные.

Схема перекачки заряда с утроителем напряжения может быть использована для получения напряжения питания, необходимого для логических элементов, в системе с питанием 5 В.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ФАЗОВРАЩАТЕЛЬ

Часто возникает необходимость регулировать фазовый сдвиг или задержку звукового сигнала. С этой целью можно использовать представленный актив-



Electronic Design **Рис. 61.48**

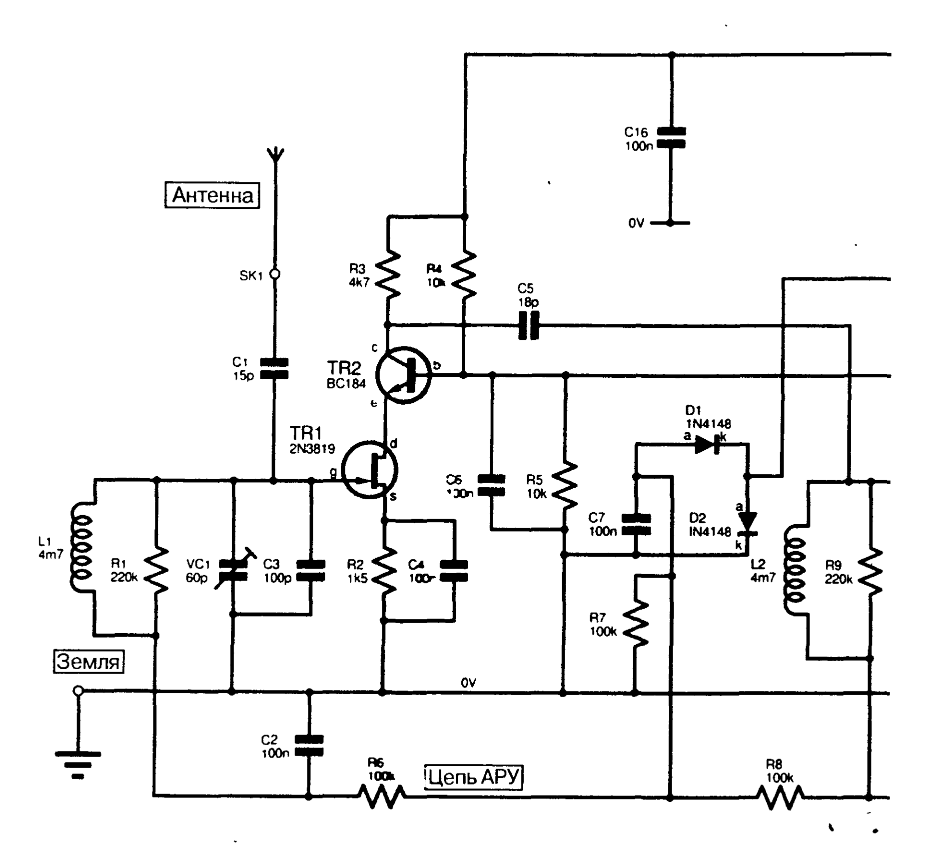
ный фильтр с широкой полосой пропускания. Его передаточная функция имеет вид:

$$T(s) = V_{OUT}(s) / V_{IN}(s) = 1 - sRC / V_C / (1 + sRC / V_C),$$

где V_C – управляющее напряжение, $V_C > 0$. Таким образом, этот фильтр имеет единичный коэффициент усиления для всех частот. Напряжение V_C может использоваться для изменения фазы сигнала в теоретическом диапазоне $-180 \le \psi \le 0$. В данной схеме левый ОУ в комбинации с аналоговым перемножителем образуют инвертирующий фильтр нижних частот первого порядка, частота полюса которого задается величиной управляющего напряжения в соответствии с формулой $\omega_P = V_C / RC$. Аналоговый перемножитель типа MC1495 обладает регулируемым масштабным коэффициентом, который в данном случае для удобства принят равным 0,1. В качестве средней частоты f_O выберем среднегеометрическое значение частот звукового диапазона, то есть $f_O = (20\times20000)^{1/2} = 633$ Гц, и разместим на этой частоте середину фазовой характеристики, где фазовый сдвиг равен 90°. Для постоянного напряжения $V_C = 1$ В, используя соотношение $f_O = V_C\omega_O / 2\pi = V_C / 2\pi RC$, можно определить, что постоянная времени RC равна 252 мкс. Если выбрать R = 10 кОм, то C = 25 нФ.

ДЛИННОВОЛНОВЫЙ ПРИЕМНИК ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

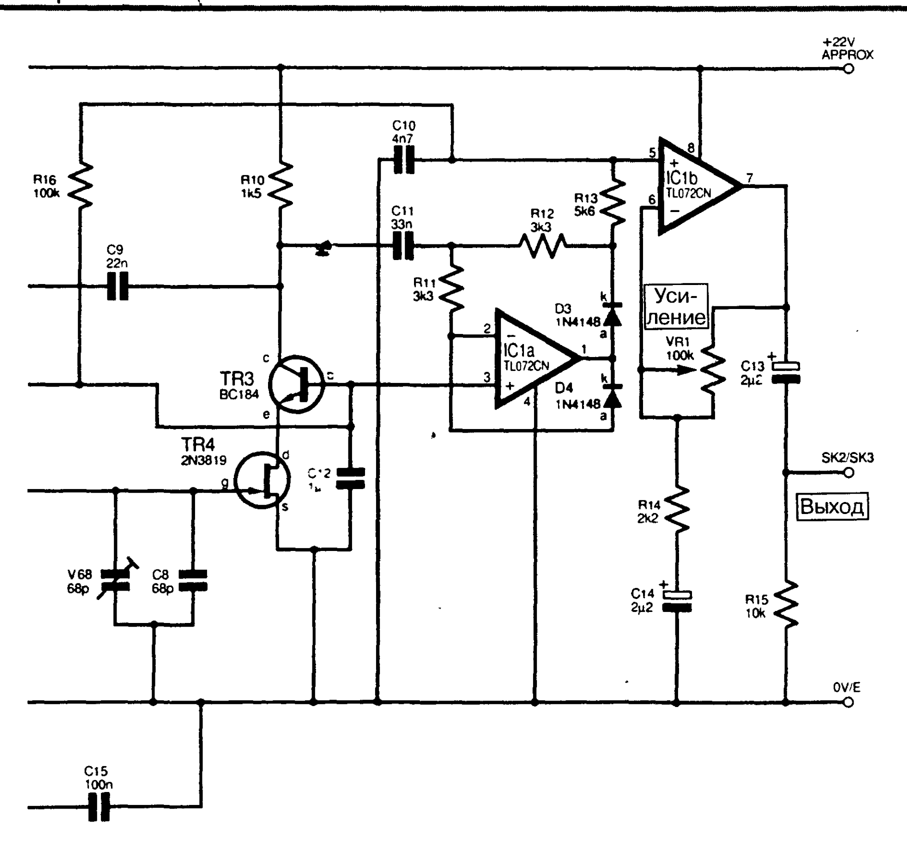
Этот приемник предназначен для приема АМ радиовещательных программ радиостанции Radio 4 в Соединенном Королевстве на частоте 198 кГц с максимально возможным качеством звука. Он может использоваться также для усиления промежуточной частоты или для приема АМ радиовещательных программ на других участках длинно- или средневолнового диапазонов. Провод антенны через клемму SK1 и конденсатор малой емкости C1 непосредственно подсоединен к входному резонансному контуру (катушка L1 и конденсаторы VC1 и C3). Второй резонансный контур (L2, VC2 и C8) аналогично подсоединен к выходу транзистора TR2. Выходной сигнал TR3 подается на демодулятор, выполненный на ОУ IC1-a, а также на схему удвоения напряжения (схема «диодного насоса») на диодах D1 и D2, которая применяется для создания слабой отрицательной обратной связи – АРУ. Если при детектировании амплитудной модуляции в качестве выпрямителя используется диод, то для хорошей работы приемника необходимо, чтобы амплитуда сигнала (на детекторе) была не менее 0,5 В. Однако, если подключить пару диодов к ОУ IC1-a (см. рис. 61.49), порог выпрямления снижается до нескольких милливольтов, что приводит к повышению чувствительности демодулятора в сотни раз. Вторая половина сдвоенного ОУ IC1-b – это просто усилитель звуковых частот, коэффициент усиления которого регулируется потенциометром VR1. Резистор R13 и конденсатор C10, подключенные к его неинвертирующему входу (вывод 5), представляют собой простой радиочастотный фильтр и служат для удаления из звукового сигнала напряжения частоты 198 кГц.



Everyday Practical Electronics **Рис. 61.49 (1 из 2)**

СХЕМА ПОДАВЛЕНИЯ «ДРЕБЕЗГА» КОНТАКТОВ

Представленная схема (рис. 61.50) задерживает прохождение сигнала размыкания или замыкания переключателя на заранее заданное время (время подавления). Схема используется для предотвращения прохождения нежелательных кратковременных сигналов переключения («дребезга»). Такие сигналы возможны, например, в случае датчика давления в трубопроводе, который, как предполагается, при заданном статическом давлении должен находиться постоянно либо во включенном, либо в выключенном состоянии. Такой датчик может подвергнуться также кратковременному воздействию повышенного (подобные явления иногда называют «гидравлическими ударами») или пониженного давления за счет переходных процессов, происходящих при резком закрытии или открытии вентилей. Основной принцип работы схемы прост: начало сигнала переключения инициирует некоторую временную последовательность. Если сигнал переключения сохраняется и после предустановленного промежутка времени подавления, то схема



Everyday Practical Electronics **_Рис. 61.49 (2 из 2)_**

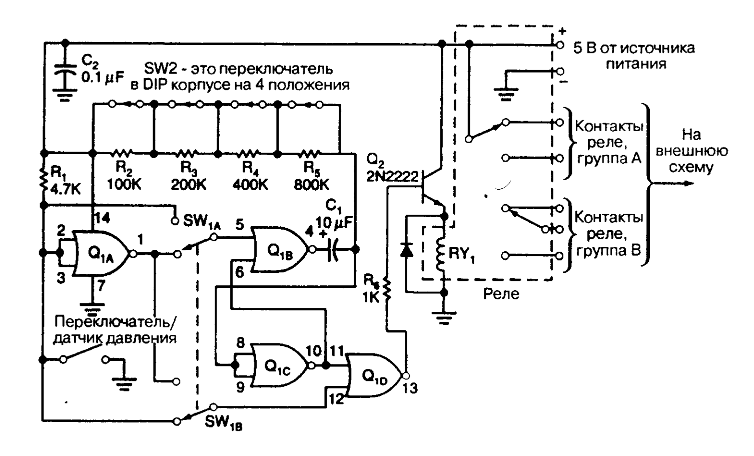
пропускает его на выход. Если же по истечении заданного времени сигнал отсутствует, то переключающий сигнал считается обусловленным какими-то переходными процессами, и схема не пропускает его на выход. Внешне это выглядит так, как если бы никакого переключающего сигнала не было. Время подавления выбирается достаточно большим, чтобы дать возможность затухнуть колебаниям основного давления и другим переходным процессам.

Примечание.

Переключатель SW1 показан в положении с нормально разомкнутым переключателем/датчиком давления, при работе с нормально замкнутым переключателем/датчиком давления SW1 нужно перевести в противоположное положение.

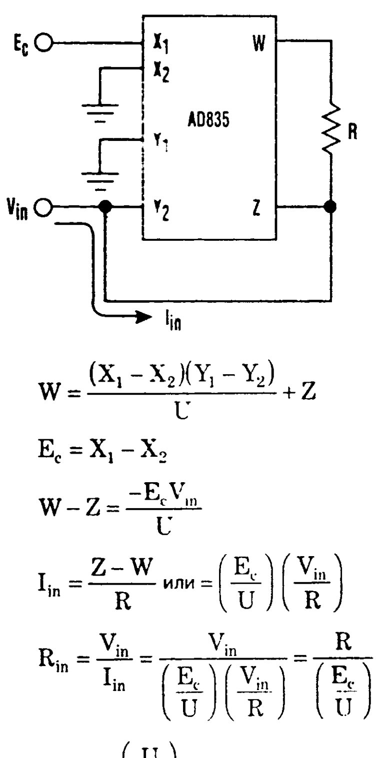
Логические элементы от Q1A до Q1D – это части интегральной схемы типа 7492.

SW2 – это малогабаритный DIP-переключатель на 4 положения.



NASA Tech Briefs **Рис. 61.50**

ЭМУЛЯЦИЯ РЕЗИСТОРА, УПРАВЛЯЕМОГО НАПРЯЖЕНИЕМ, С ПОМОЩЬЮ УМНОЖИТЕЛЯ



$$W = \frac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{U} + Z$$

$$E_c = X_1 - X_2$$

$$W - Z = \frac{-E_c V_{in}}{U}$$

$$I_{in} = \frac{Z - W}{R} \text{ или } = \left(\frac{E_c}{U}\right)\left(\frac{V_{in}}{R}\right)$$

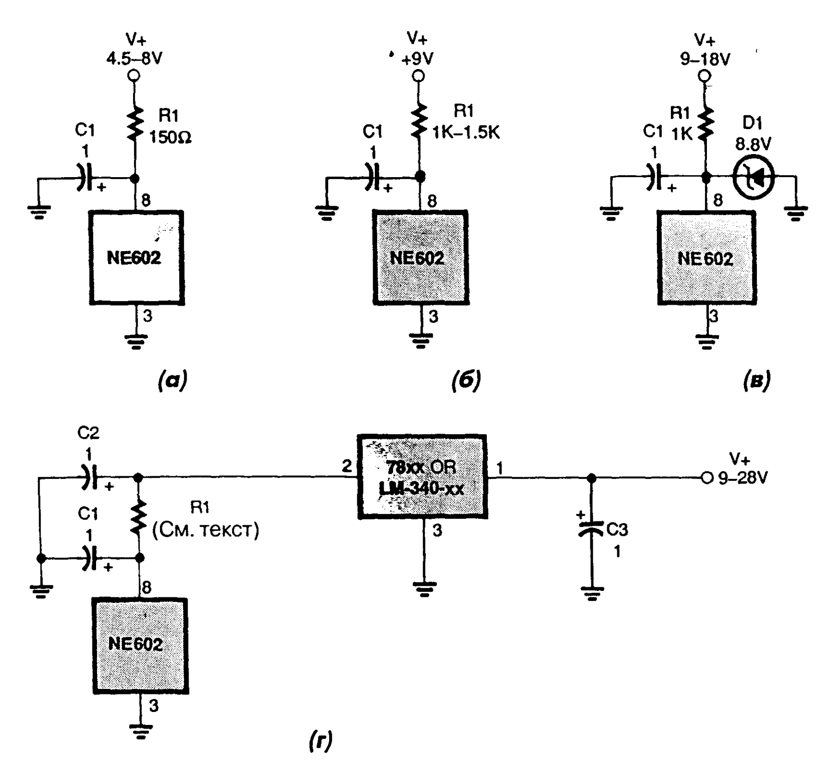
$$R_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{V_{in}}{\left(\frac{E_c}{U}\right)\left(\frac{V_{in}}{R}\right)} = \frac{R}{\left(\frac{E_c}{U}\right)}$$

$$R_{in} = R\left(\frac{U}{E_c}\right)$$

Electronic Design **Рис. 61.51**

Двух- или четырехквадрантный умножитель можно спроектировать так, чтобы смоделировать резистор, сопротивление которого будет определяться отношением фиксированного резистора и управляющего напряжения. Если построить источник тока, управляемый входным напряжением V_{IN} (подачей сигнала на вход Y2), который будет также влиять на напряжение V_{IN} (посредством соединения вывода Y2 с Z), то вход Y2 будет эмулировать резистор с передаточной функцией $R_{IN} = R\,(U/E_C)$. Один из выводов этого эмулированного резистора должен всегда соединяться с «землей».

СХЕМЫ ПИТАНИЯ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ ИС NE602

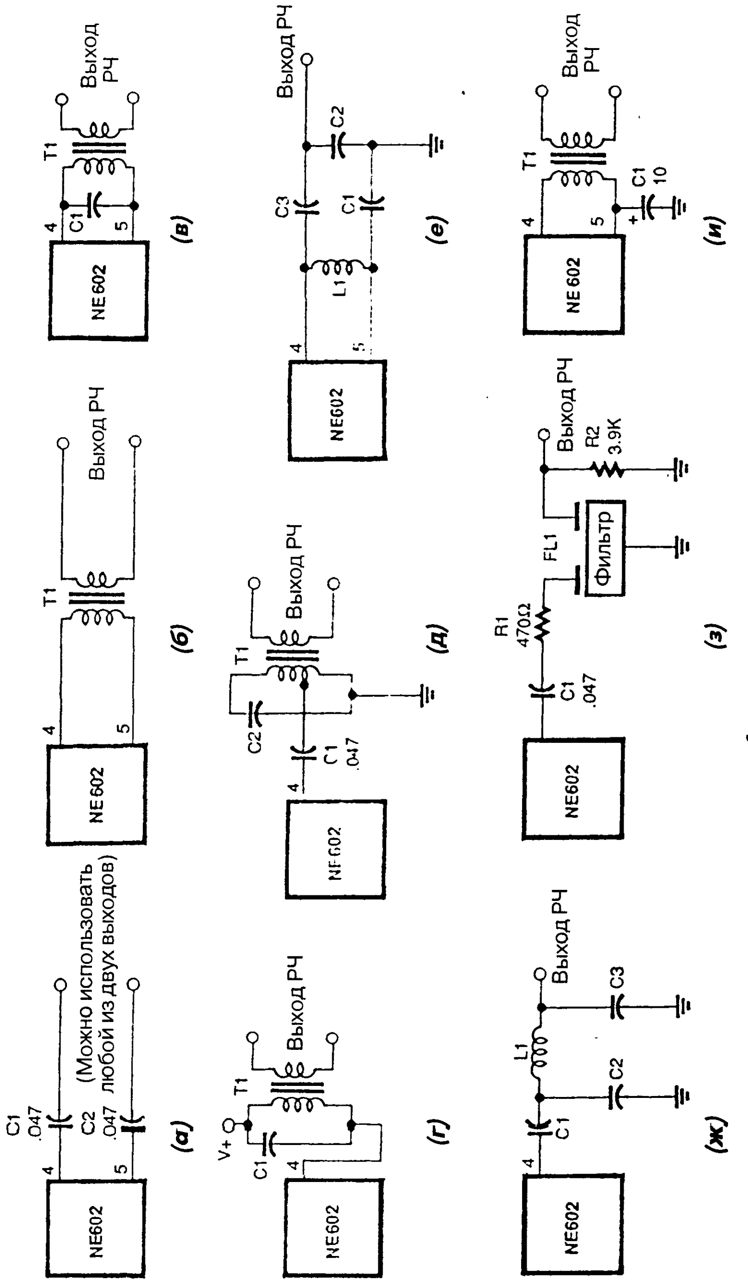


Electronics Now **Рис. 61.52**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Существует несколько способов подвода питания к интегральной схеме NE602. Например, можно включить последовательно резистор между источником питания и ИС NE602 (варианты а и б), стабилитрон (в) или регулятор напряжения (г). Резистор R1 должен обеспечивать получение на выводе 8 ИС NE602 напряжения 4,5–8 В, потребляемый микросхемой ток составляет 2,4–2,8 мА.

СХЕМЫ ВЫХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИС NE602



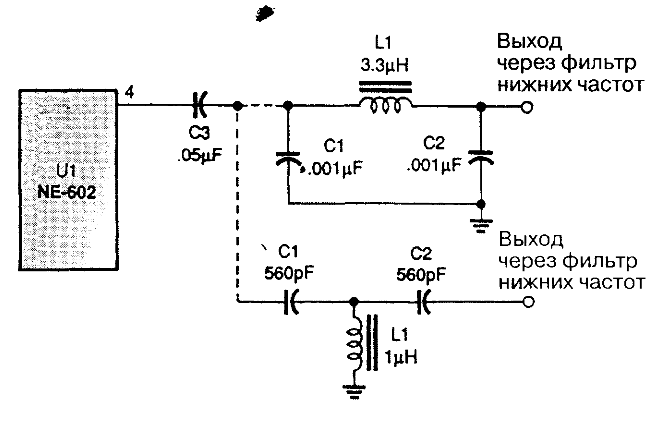
Electronics Now

Рис. 61.53

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

На рис. 61.53 показано, как можно в зависимости от вида использованной схемы пропустить от ИС NE602 на выход либо все частоты, либо только разностные или суммарные.

СХЕМЫ ВЫХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИС NE602 ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

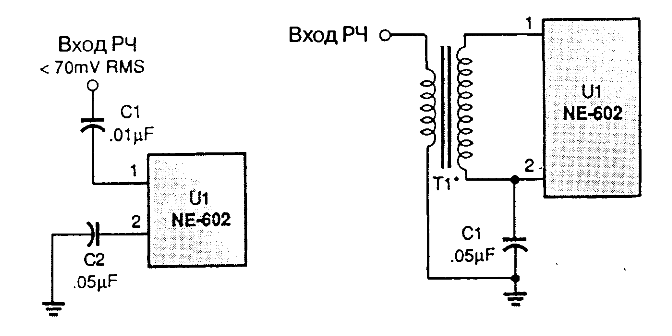


Popular Electronics

Рис. 61.54

В зависимости от ситуации можно использовать выход через фильтр верхних или нижних частот.

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ВХОДНЫЕ ЦЕПИ ИС NE602



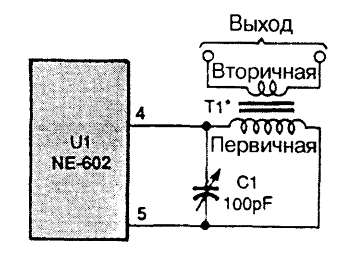
Popular Electronics

Рис. 61.55

Примечание. *Первичная обмотка трансформатора T1: 4 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа T-50-6 или T-50-2 фирмы Amidon Associates; вторичная обмотка: 20 витков эмалированного провода калибра 28.*

С интегральной схемой NE602 можно использовать различные входные цепи с несимметричным входом, в том числе широкополосные входы с емкостной и трансформаторной связью.

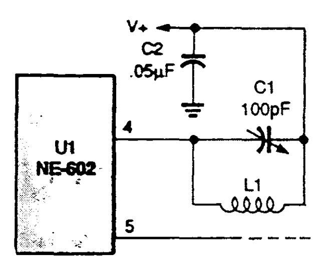
НАСТРАИВАЕМЫЕ ВЫХОДНЫЕ ЦЕПИ ИС NE602



Popular Electronics **Рис. 61.56 (а)**

Примечание. *Первичная обмотка трансформатора T1 (PRI) – 33 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6; вторичная обмотка – 5 витков эмалированного провода калибра 28.*

Настроенная выходная цепь такого типа будет пропускать на выход только полезный выходной сигнал.



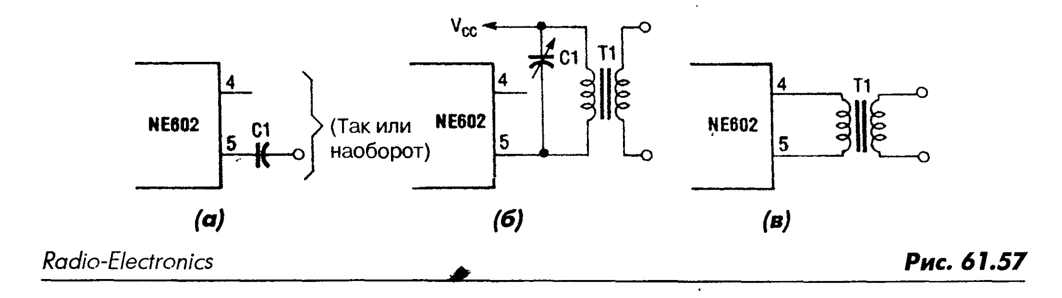
Popular Electronics **Рис. 61.56 (б)**

Примечание. *Катушка L1 содержит 33 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6.*

Приведена схема несимметричной выходной резонансной цепи.

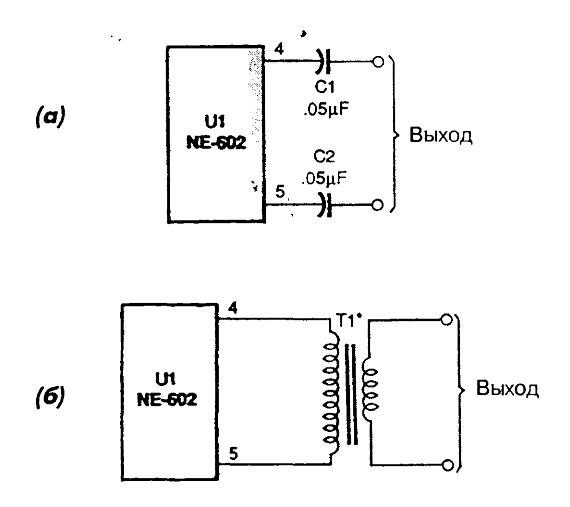
КОНФИГУРАЦИИ ВЫХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИС NE602

На схеме показаны: (а) простейшее несимметричное подключение без согласования импеданса, (б) несимметричное подключение к нагрузке в виде согласующего ВЧ трансформатора и (в) симметричное подключение, используемое для лучшего подавления на выходе входного сигнала и сигнала гетеродина.



Radio-Electronics **Рис. 61.57**

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ВЫХОДНЫЕ ЦЕПИ ИС NE602



Popular Electronics **Рис. 61.58**

Примечание. *Первичная обмотка – 50 витков эмалированного провода калибра 30 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6; вторичная обмотка – 8 витков эмалированного провода калибра 30.*

На схеме показаны два варианта выходных цепей: с емкостной связью (а) и трансформаторный выход (б).

ВХОДНЫЕ ЦЕПИ ИС NE602

Известно множество методов подачи сигнала на ИС NE602, на рис. 61.59а–61.59е показаны некоторые из них. При этом допускается применение простых нерезонансных методов (а и б). Если нужно настроиться на определенную частоту, то можно использовать резонансный LC контур с незаземленными подстроечными конденсаторами (в и г) или с заземленным переменным конденсатором (д), а также управляющее напряжение, подаваемое на варикап (е).

Вход РЧ C2 .047 NE602 C1 .047 (а)

Вход РЧ T1 NE602 C1 .047 (б)

Вход РЧ C3 L1 C2 NE602 C1 .047 (в)

C3 C4 L1 C2 NE602 Вход РЧ C1 .047 (г)

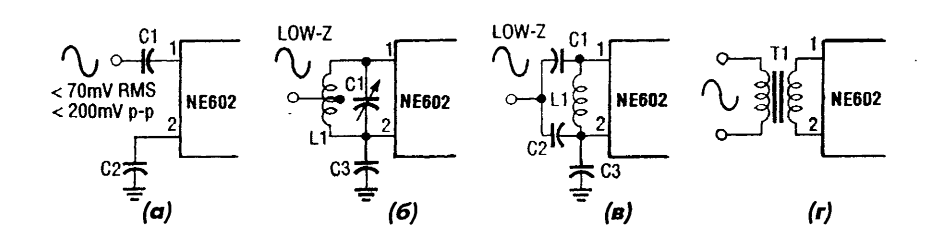
C4 Основная настройка Вход РЧ T1 C2 C3 NE602 C1 .047 (д)

Вход РЧ T1 C2 C3 NE602 C4 .01 C1 .047 D1 Варактор R4 10K C5 .047 Напряжение настройки R1 50K Грубая настройка R2 10K Точная настройка R3 1K C6 4.7 (е)

Electronics Now **Рис. 61.59**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

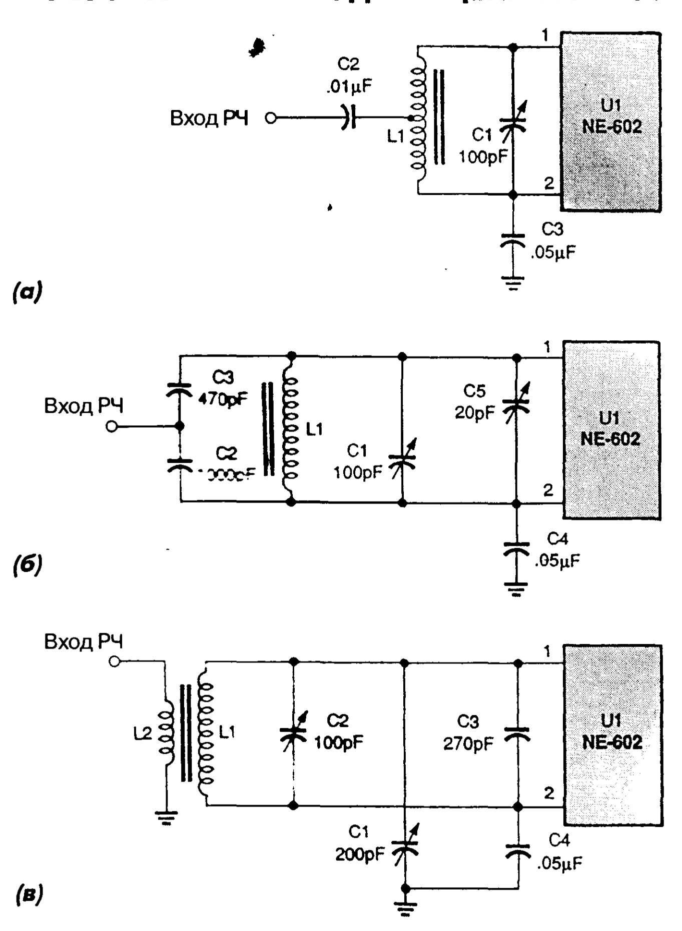
КОНФИГУРАЦИИ ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ ИС NE602



Radio-Electronics **Рис. 61.60**

В схемах (рис. 61.60а–61.60в) используется несимметричная связь: без согласования импеданса (а), с индуктивным (б) и емкостным (в) согласованием. В схеме (г) применяется балансная входная цепь, способствующая ослаблению второй гармоники.

РЕЗОНАНСНЫЕ ВХОДНЫЕ ЦЕПИ ИС NE602



Popular Electronics **Рис. 61.61**

Примечание.

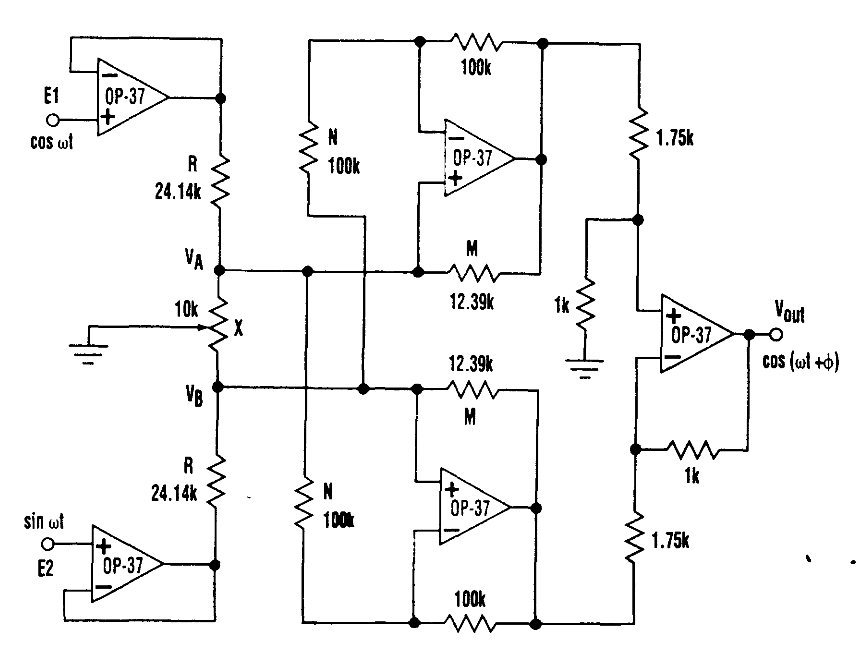
На рис. 61.61а: L1 – 5 мкГн (33 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6, с отводом от 7 витка снизу).

На рис. 61.61б: L1 – такая же, как в схеме (а), но без отвода.

На рис. 61.61в: L1 – 33 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6, L2 – 5 витков эмалированного провода калибра 28 поверх катушки L1.

На рис. 61.61 показаны три варианта резонансных входных цепей. В схемах (а, б) используется резонансный контур, включающий в себя соответственно катушку с отводом и без отвода; схема (в) характеризуется большой гибкостью настройки, которая может применяться в различных ситуациях.

ИНТЕРПОЛИРУЮЩИЙ ФАЗОВРАЩАТЕЛЬ ДЛЯ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ

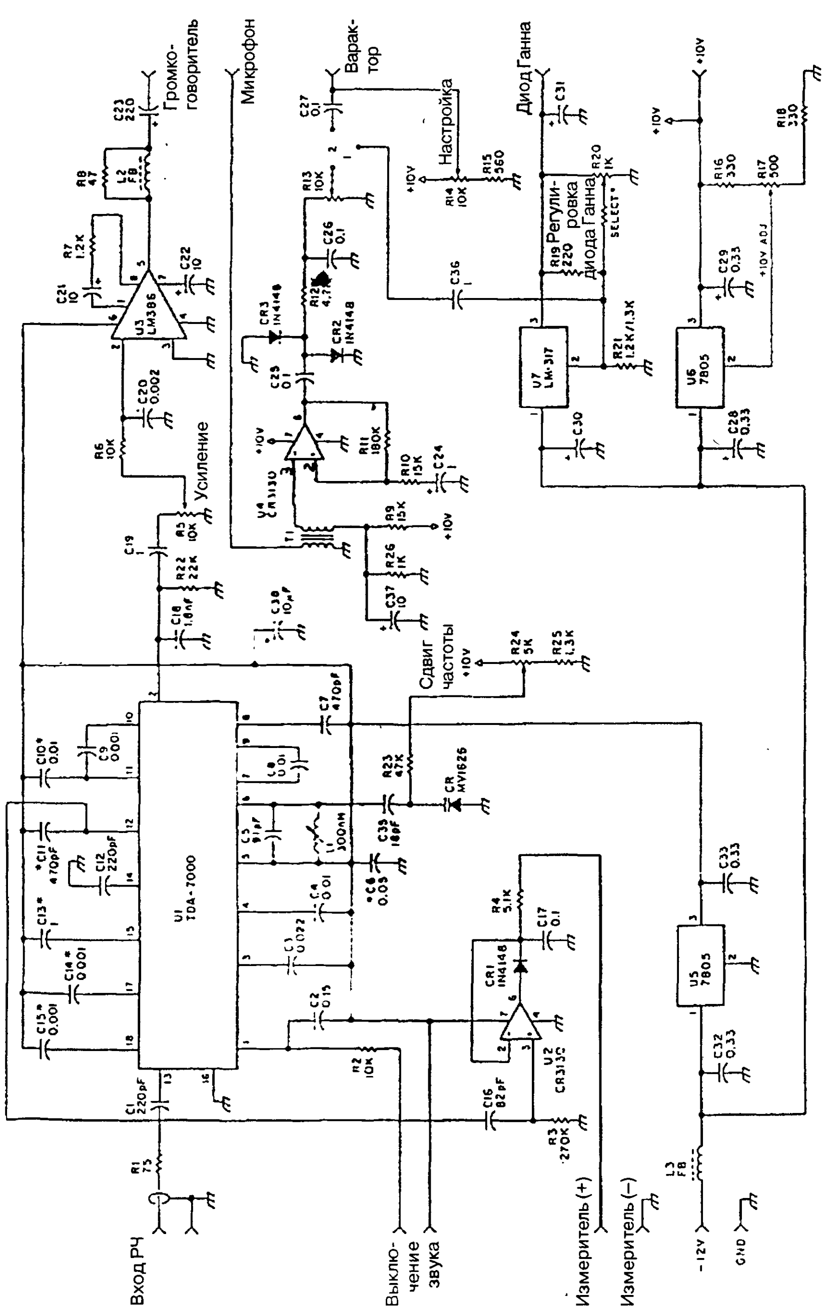


Electronic Design **Рис. 61.62**

В этой простой схеме интерполирующего фазовращателя для получения постоянной по амплитуде и линейной фазовой характеристики параллельно потенциометру X подключается отрицательное сопротивление.

УПЧ НА 30 МГЦ И ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НА ЧАСТОТЕ 10 ГГЦ НА ДИОДЕ ГАННА

Блок, показанный на рис. 61.63, состоит из усилителя ПЧ и детектора на ИС TDA7000, усилителя звуковой частоты на ИС LM386, схемы модулятора на ИС CA3130, источника питания диода Ганна (U7), который может модулироваться сигналом звуковой частоты для создания широкополосной частотной модуляции, и регулятора напряжения на 10 В.

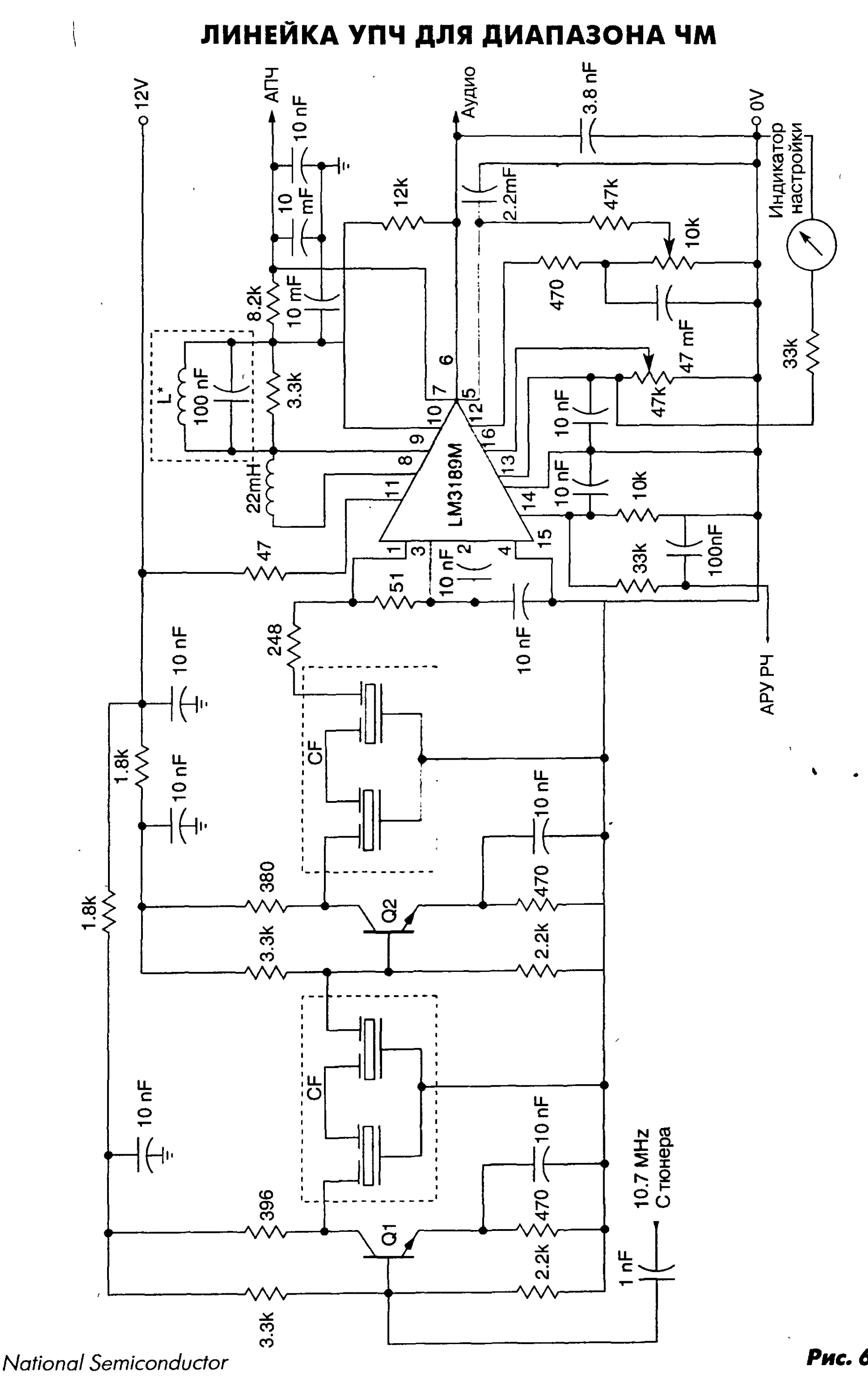


73 Amateur Radio Today

Рис. 61.63

Примечание. *Потенциометр R20 и резистор «Select*» расположены вне платы. Номиналы конденсаторов на схеме приведены в пико- и нанофарадах (pF и nF), остальные (без единицы измерения) указаны в микрофарадах.*

ЛИНЕЙКА УПЧ ДЛЯ ДИАПАЗОНА ЧМ



National Semiconductor

Рис. 61.64

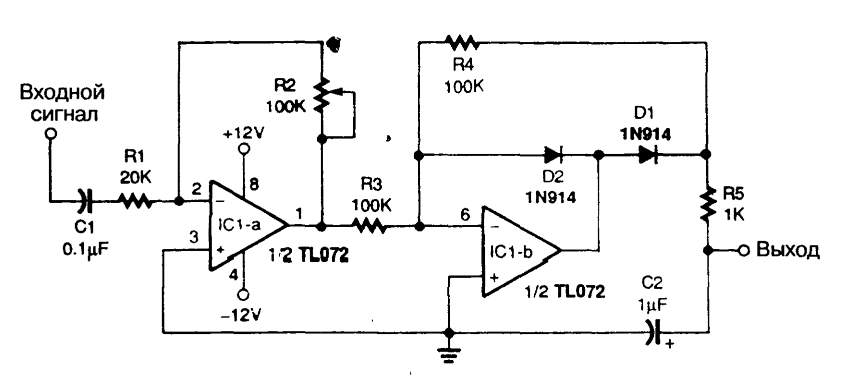
Примечание.

CF – керамические фильтры типа Toko CSFE или аналогичные.

Контур L настраивается конденсатором 100 пФ на частоту 10,7 МГц.*

Ненагруженная добротность (Q_0) равна 75 (для Toko No. KACS K586 HM или эквивалентного ему).

СХЕМА УСРЕДНЕНИЯ СИГНАЛА

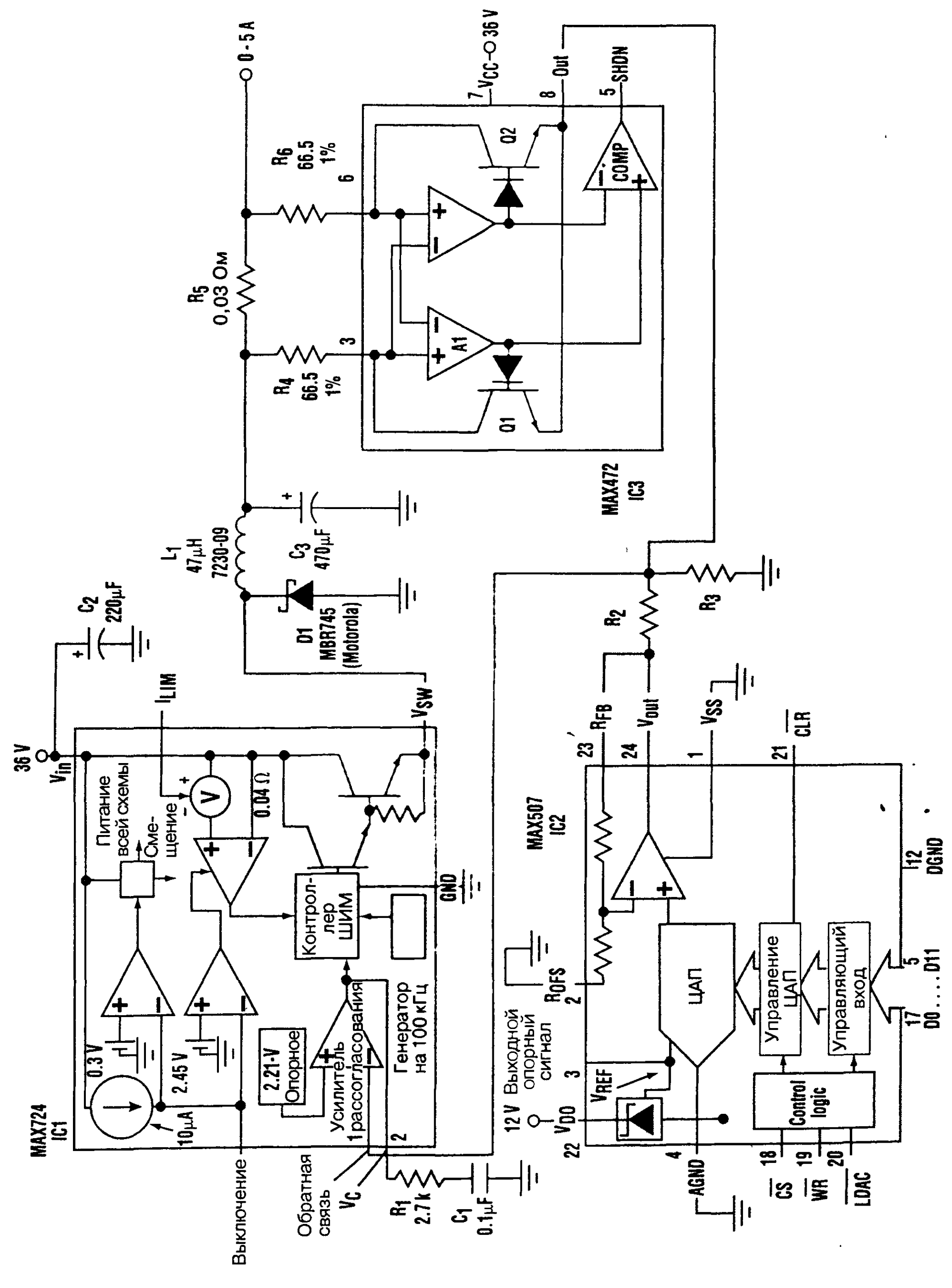


Electronics Now **Рис. 61.65**

На рис. 61.65 первый операционный усилитель (IC1-a) включен по схеме инвертирующего усилителя, коэффициент усиления которого регулируется переменным резистором R2 и может достигать 5. Второй ОУ (IC1-b) подключен по схеме однополупериодного выпрямителя, а выходной фильтр (R5, C2) сглаживает пульсации.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ИСТОЧНИК ТОКА (0–5 А)

Описываемый источник (рис. 61.66) вырабатывает ток, регулируемый в интервале 0–5 А, при допустимом диапазоне напряжений 4–30 В. Благодаря использованию 12-разрядного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП), источник может управляться цифровым сигналом. Примененный в схеме импульсный понижающий стабилизатор (IC1) более эффективен, чем альтернативный вариант источника тока с последовательным регулирующим транзистором. ИС IC3 представляет собой усилитель сигнала датчика тока, включенного в цепь выходного плюсового провода. В данной схеме IC3 принимает сигнал о величине выходного тока в виде падения напряжения на резисторе R5 и вырабатывает пропорциональный ему сигнальный ток на выводе 8. Напряжение обратной связи регулятора (на выводе 1 IC1) формируется ЦАП и корректируется током обратной связи от IC3, который протекает по R2 и R3. Эта обратная связь по току противодействует



Electronic Design

Рис. 61.66

любому изменению тока нагрузки, вызванному изменением его сопротивления. ИС ЦАП (IC2) определяет выходной ток источника, вырабатывая напряжение от 0 до 10 В, величина которого обратно пропорциональна коду (цифровому сигналу, задающему управляющее напряжение). Код FFF_{HEX} (10 В от ИС IC2) создает ток 0 мА, а код 000_{HEX} (0 В от ИС IC2) создает ток 5 А. Эта схема может быть изменена для других диапазонов выходного тока (I_{SOURCE}) в соответствии с соотношением:

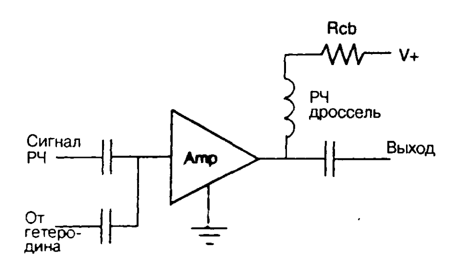
$$I_{SOURCE} = 2217\,[V_{FB}(R2 + R3) - (R3\,V_{DAC})] / R2R3,$$

где $V_{FB} = 2{,}21$ В, а V_{DAC} может изменяться от 0 до 10 В.

Требуемый диапазон изменения I_{SOURCE} определяет значения R2 и R3: $V_{DAC} = 10$ В для его нижнего значения и $V_{DAC} = 0$ В – для верхнего. Подстановка этих наборов значений в выражение для тока дает два уравнения, при одновременном решении которых получаются значения сопротивлений R2 и R3.

ГЛАВА 62
СХЕМЫ СМЕСИТЕЛЕЙ

СМЕСИТЕЛЬ НА ОСНОВЕ УСИЛИТЕЛЯ MMIC

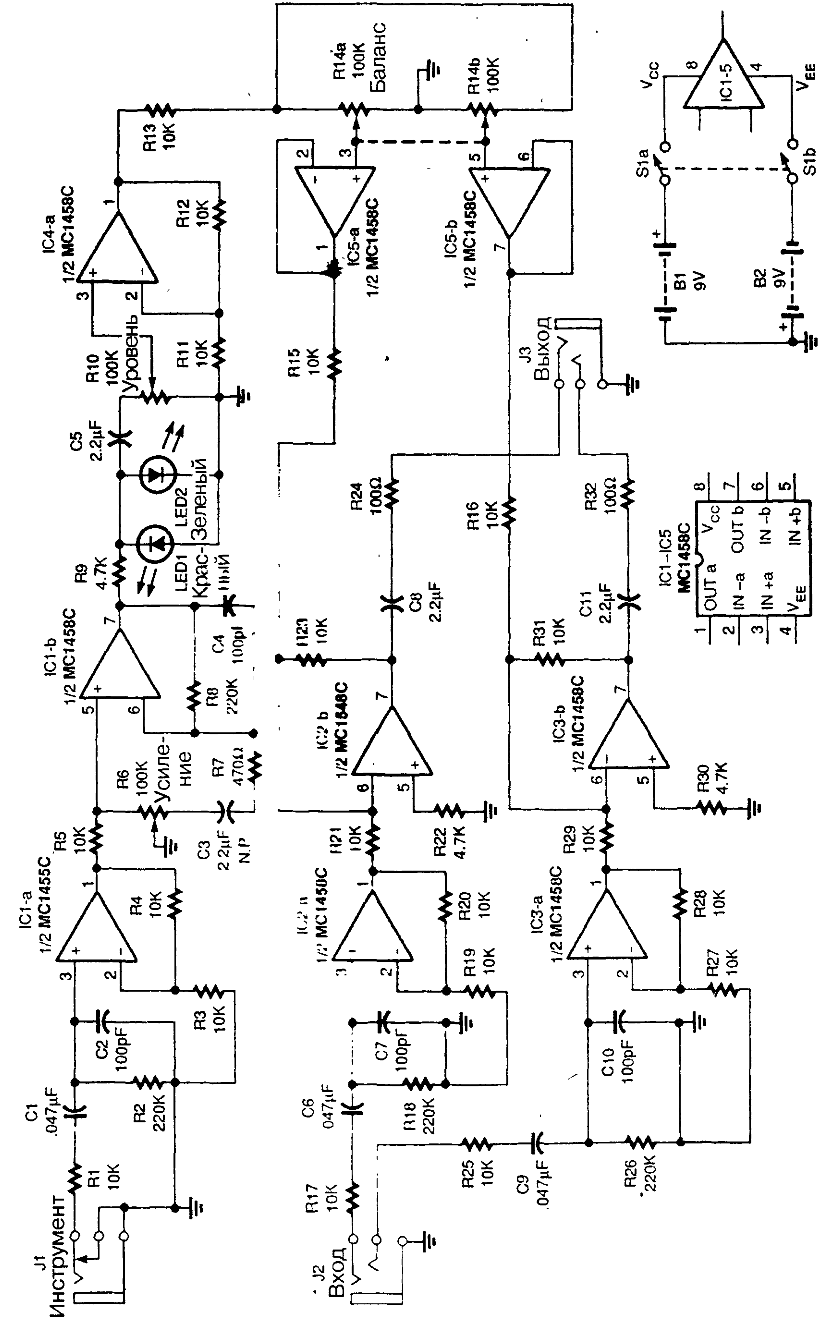


RF Design **Рис. 62.1**

Представлена схема простого смесителя, построенного на основе усилителя MMIC.

СМЕСИТЕЛЬ СТЕРЕОСИГНАЛА ТИПА JAMMIX

На рис. 62.2 представлена схема смесителя типа JamMix. Заметим, что использованы девять из десяти ОУ пяти микросхем типа MC1458C. Через гнездо «Инструмент» (J1) сигнал подается на IC1-a, неинвертирующий буферный усилитель с коэффициентом усиления 2, который определяется сопротивлениями R3 и R4. Усиленный сигнал подается на усилительный каскад ЗЧ на IC1-b, усиление которого регулируется потенциометром R6. Такое расположение регулятора R6 в схеме обеспечивает хорошее взаимодействие его с регулятором громкости гитары. Как только размах выходного сигнала IC1-b превышает 2 В, светодиоды LED1 и LED2 начинают светиться и «обрезают» аудиосигнал, создавая высококачественный эффект «дисторшн» (distortion – искажение). Потенциометр R10 регулирует уровень выходного сигнала каскада искажений IC4-a, с которого сигнал подается на сдвоенный потенциометр (R14a и R14b). Усилители с единичным усилением IC5a и IC5b передают сигналы на суммирующие усилители IC2-b и IC3-b, которые выдают сигнал на внешнюю нагрузку, подключенную к выходному гнезду стереосигнала «Выход» (J3). В качестве нагрузки можно использовать либо головные стереотелефоны, либо дополнительные внешние каскады

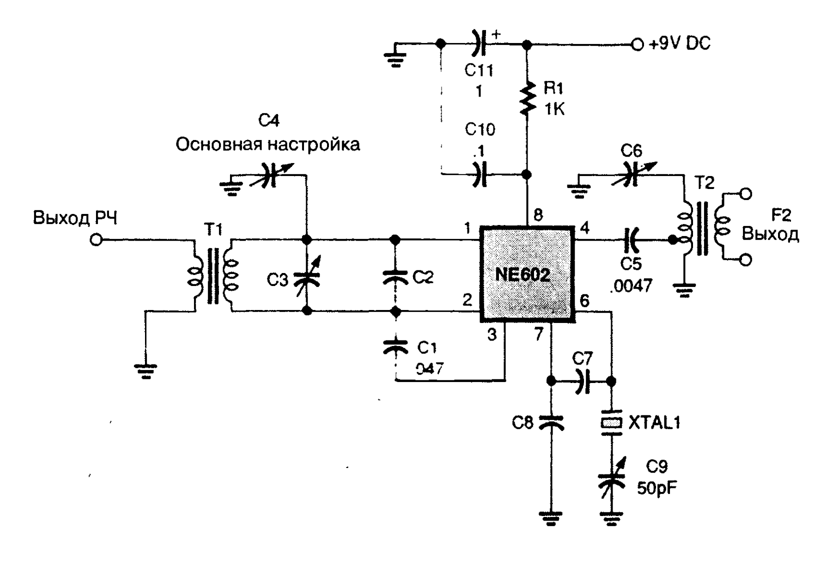


Electronics Now

Рис. 62.2

усиления звука. ОУ IC2-a и IC3-a – неинвертирующие усилители, каждый с коэффициентом усиления 2, выходные сигналы которых смешиваются с сигналом инструмента в усилителях IC2-b и IC3-b, также имеющих коэффициент усиления 2.

СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РАДИОЧАСТОТЫ НА ИС NE602



Electronics Now ***Рис. 62.3***

В схеме (рис. 62.3) преобразователя частоты РЧ диапазона или смесителя показано использование ИС NE602 в радиоприемной аппаратуре. Значения элементов зависят от рабочей частоты.

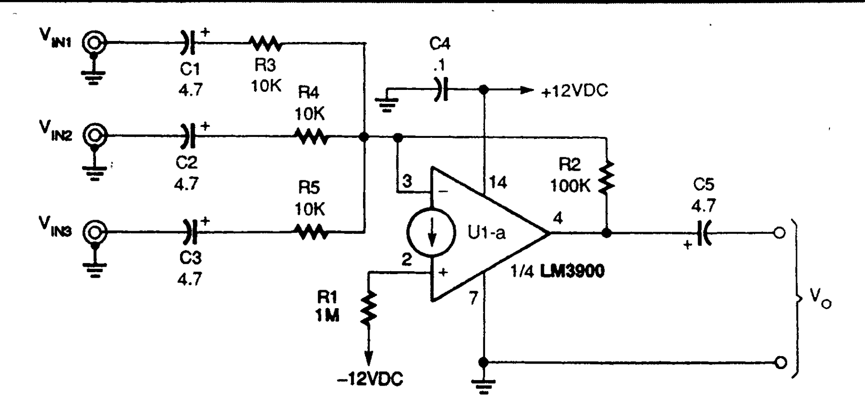
СМЕСИТЕЛЬ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Смеситель звуковых сигналов представляет собой схему, объединяющую звуковые сигналы от двух или более источников в одном канале. На рисунке показан смеситель, построенный на интегральной схеме LM3900 CDA. Работа схемы основана на суммировании сигналов трех входных цепей, состоящих из резисторов R3, R4 и R5, которые соединены с входными сигналами (V_{IN1}, V_{IN2} и V_{IN3}). Все резисторы подключены к инвертирующему входу усилителя CDA. Коэффициент усиления приближенно определяется по формуле:

$A_V = R2 / R_X$,

где R_X – это сопротивление соответствующего входного резистора. Выходное напряжение записывается в виде:

$V_O = R2\,[(V_{IN1} / R3) + (V_{IN2} / R4) + (V_{IN3} / R5)]$.

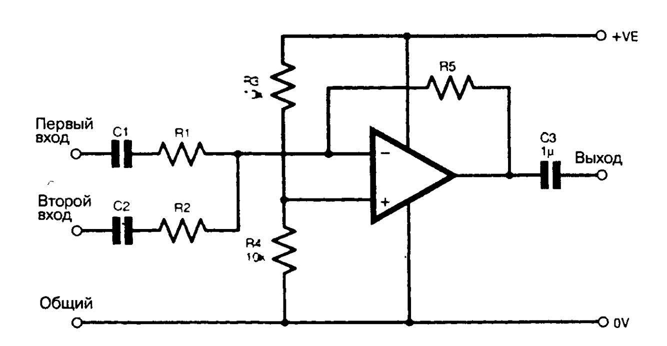


Popular Electronics **Рис. 62.4**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Если R2 сделать переменным, то этот потенциометр можно будет использовать в качестве общего регулятора усиления смесителя звуковых сигналов.

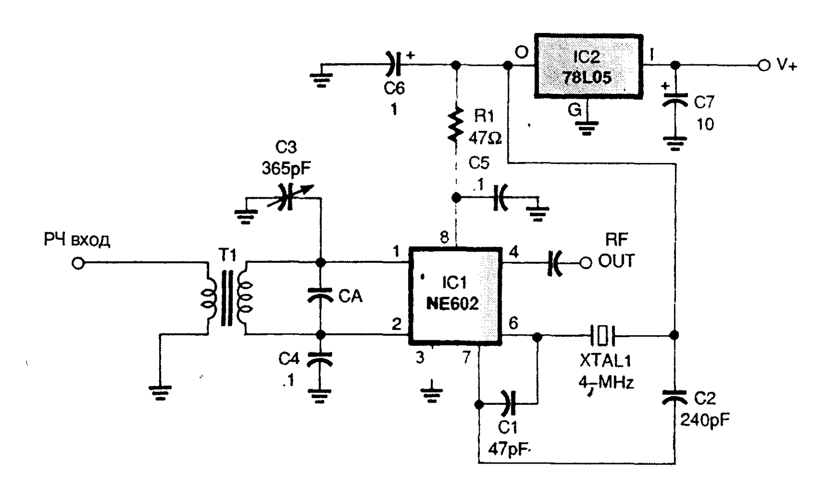
ДВУХКАНАЛЬНЫЙ СМЕСИТЕЛЬ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ



Everyday Practical Electronics **Рис. 62.5**

На рисунке показана схема двухканального смесителя на ОУ. Коэффициенты усиления для каналов 1 и 2 равны соответственно R5/R1 и R5/R2. Типичные значения сопротивлений R1 и R2 – от 2,2 до 22 кОм, а R5 – от 10 до 100 кОм; ОУ – любого подходящего типа, например 741 или какой-либо из его вариантов.

СХЕМА СМЕСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИС NE602



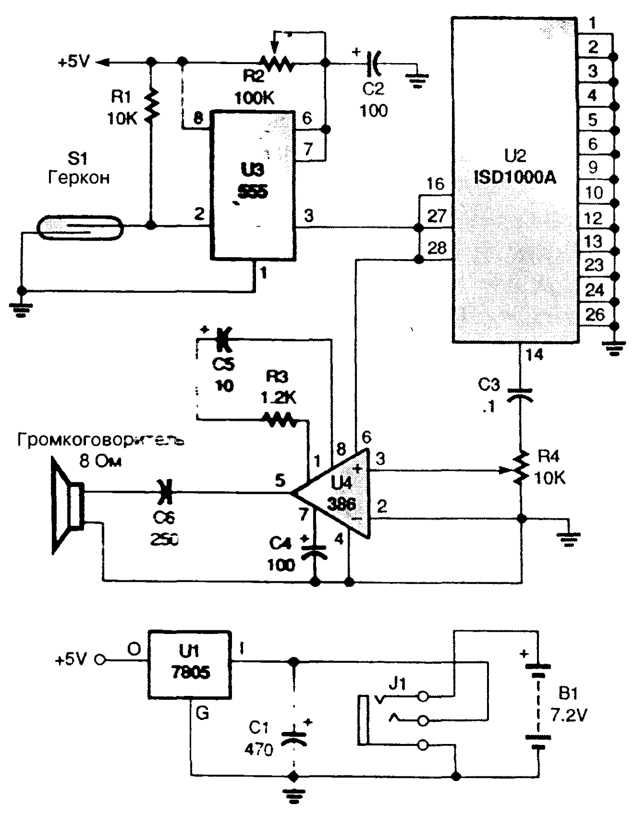
Electronics Now **Рис. 62.6**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

В данной схеме ИС NE602 используется в качестве смесителя общего назначения. Величины элементов зависят от рабочей частоты; на схеме указаны значения для частоты 4 МГц. Следует отметить. что в выходной цепи сигнала РЧ не показан фильтр ПЧ. Подобный фильтр необходим для выделения требуемого сигнала и ослабления всех остальных.

ГЛАВА 63
СХЕМЫ ДЛЯ МОДЕЛЕЙ

ЗВУКОВОЙ СИГНАЛ ДЛЯ МОДЕЛИ ПОЕЗДА



Popular Electronics **Рис. 63.1**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Эту схему можно встроить в модель вагона поезда, и она будет издавать любой звук, записанный в микросхеме ISD1000A. При использовании этого устройства в моделях железных дорог возможна имитация гудка тепловоза. Схема монтируется на дне вагона. Когда «звуковой» вагон приближается к переезду, геркон S1 кратковременно замыкается (благодаря полю магнита, который должен быть установлен под

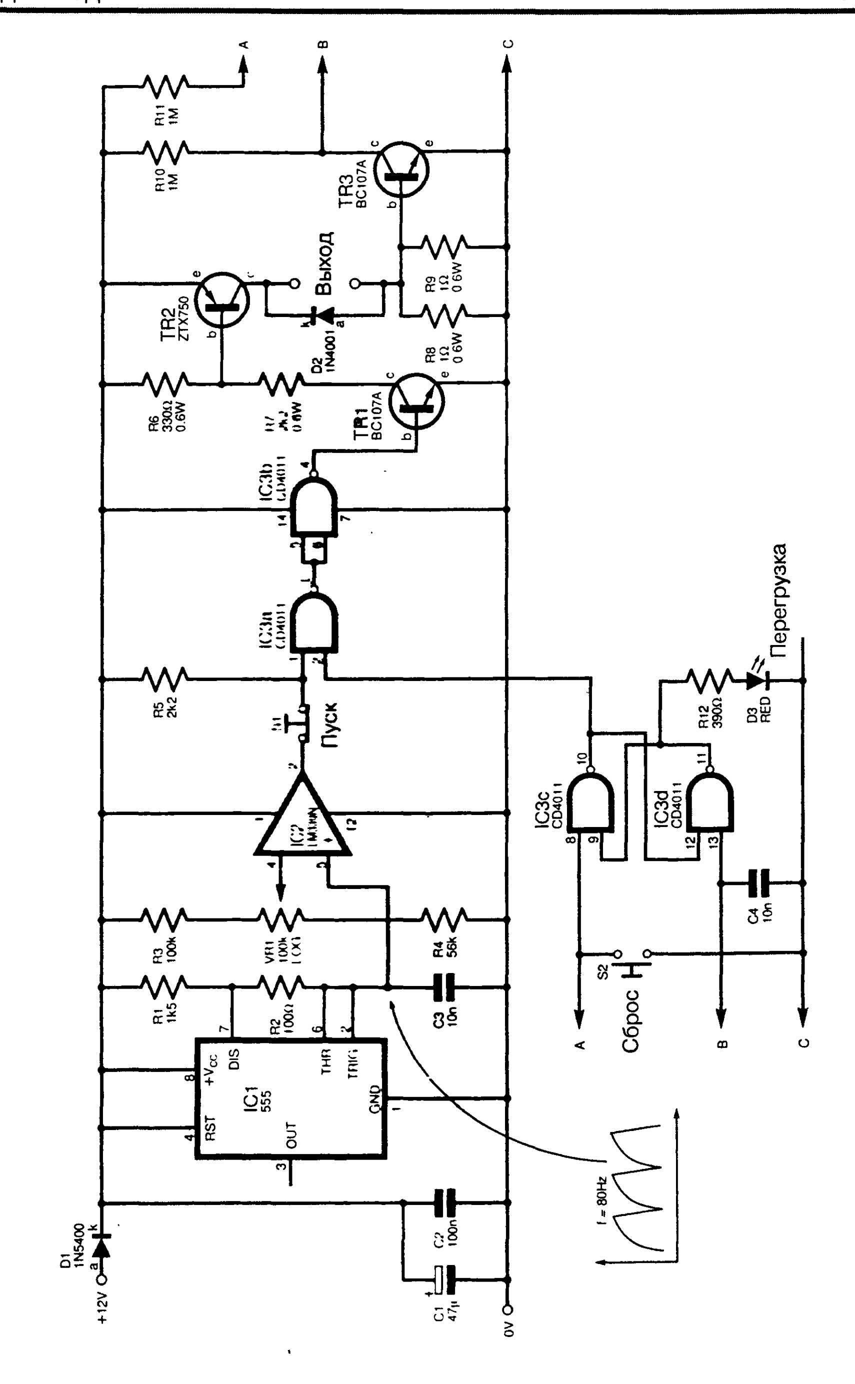
железнодорожным полотном) и запускает некоторую временную последовательность, включающую гудок. Прежде чем использовать интегральную схему для записи и воспроизведения звука ISD1000A, ее необходимо сначала запрограммировать. Для этого следует собрать макет, приведенный в рекомендациях по применению интегральной схемы. Звук, записываемый в микросхему, необходимо представить в цифровом виде. Установленное на дне вагона гнездо (такого же типа, какие используются для подключения головных телефонов) выполняет две функции: заряжает B1, NiCd батарею на 7,2 В, а также позволяет выключить схему.

ШИМ КОНТРОЛЛЕР МОДЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Предлагаемый регулятор скорости модели железной дороги с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) по характеристикам намного превосходит аналогичные традиционные контроллеры реостатного типа. Он обеспечивает более точное управление скоростью поезда. Микросхема таймера IC1 (типа 555) генерирует импульсы частотой 80 кГц. Последовательность экспоненциально нарастающих импульсов, создаваемая на конденсаторе C3, подается на компаратор IC2, порог сравнения которого задается потенциометром VR1, имеющим логарифмическую зависимость. Выходной сигнал IC2 инвертируется элементами IC3a и IC3b и поступает на выходной каскад на транзисторы TR1 и TR2. TR2 потребляет мощность до 1 Вт при токе до 2 А при работе в режиме насыщенного ключа. Диод D2 предназначен для защиты схемы от противо-ЭДС, возникающей в двигателе поезда. Для защиты от короткого замыкания в выходную цепь последовательно включено сопротивление 0.5 Ом (R8/R9). Когда ток достигает величины ~1,2 А, транзистор TR3 включается. Это переводит выход 10 RS-триггера (IC3c и IC3d) в низкое состояние. Светодиод D3 загорается, указывая на перегрузку, а TR1 выключается сигналом, прошедшим через инверторы. Конденсатор C4 вносит небольшую временную задержку для сигнала от транзистора TR3 с целью исключения ложных срабатываний. Нажатие кнопочного выключателя S1 вызывает подачу на «непокорный» двигатель короткого импульса повышенного напряжения.

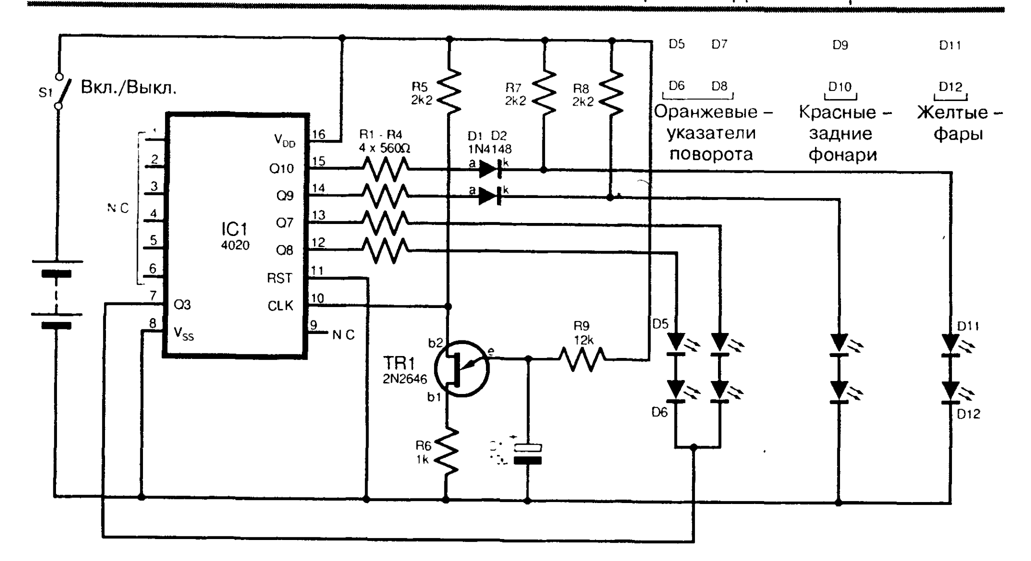
СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ МОДЕЛИ СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ

Эта простая схема (рис. 63.3) может быть встроена практически в любую модель спортивного автомобиля, чтобы сделать ее более реалистичной. При этом не важно, работает ли сама модель от батарей или нет. В схеме используется 14-разрядный двоичный счетчик типа CD4020, управляющий выполненными на светодиодах указателями поворота (D5 – D8), задними фонарями (D9 и D10) и фарами (D11 и D12). Счетчик IC1 запускается от генератора на однопереходном транзисторе TR1.



Everyday Practical Electronics

Рис. 63.2

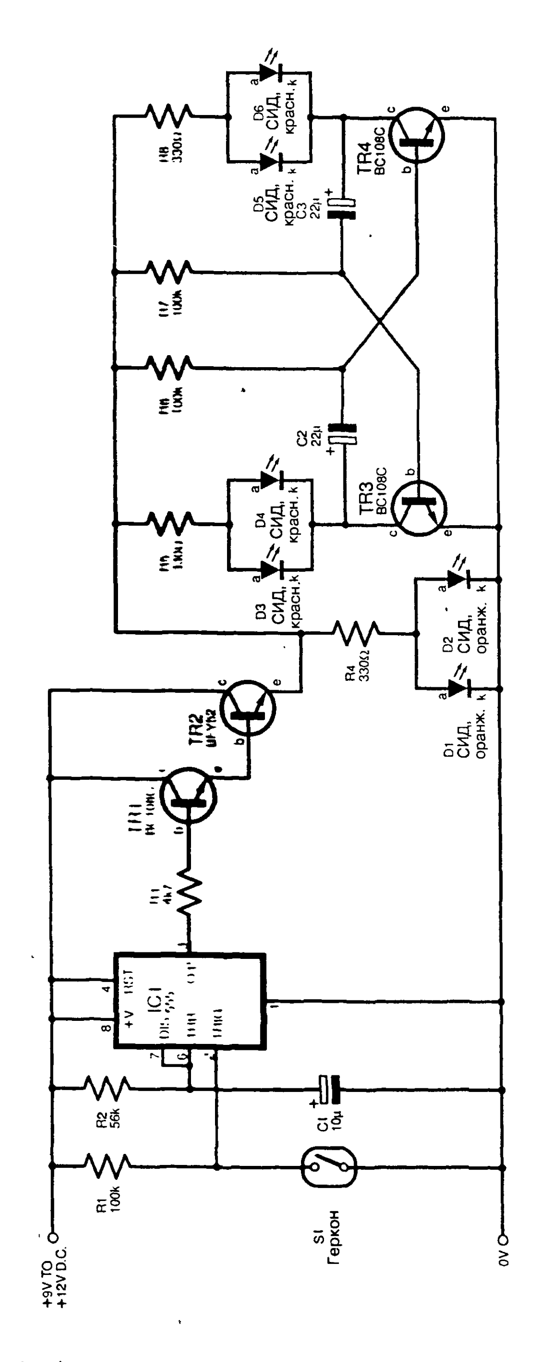


Everyday Practical Electronics **Рис. 63.3**

Красные задние фонари и желтые фары потребляют небольшие токи, которые постоянно подводятся через резисторы R7 и R8. Для большей реалистичности эти токи можно увеличить, уменьшив резисторы R1 и R2, чтобы имитировать подачу сигнала фарами и сигнал торможения на задних фонарях. Указатели поворота модели при включении мигают, в связи с этим катоды светодиодов D5 – D8 подключены к другому выходу интегральной схемы IC1 (выход Q3, вывод 7). Когда аноды этих светодиодов подключаются к положительному выводу источника питания через резистор R3 или R4 и соответствующий выход счетчика, они начинают мигать с частотой, задаваемой выходом Q3. В результате сначала мигает одна группа указателей, затем другая и далее обе вместе. Схема питается от батареи напряжением 9 В типа PP3 или MN1604. Небольшой движковый переключатель S1 может быть смонтирован в днище модели.

СИГНАЛЬНЫЕ ОГНИ ПЕРЕЕЗДА В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

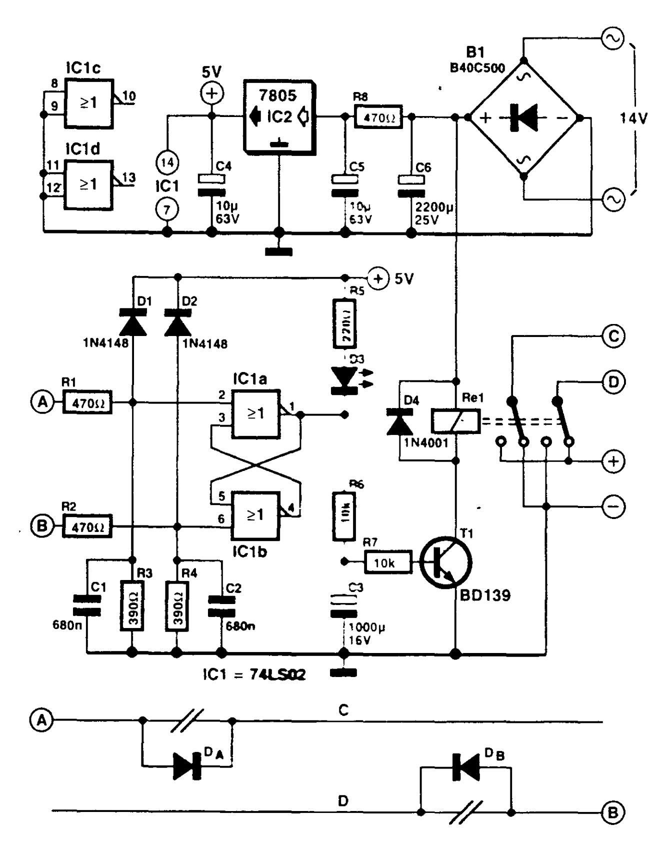
Схема предназначена для использования в модели железной дороги, она имитирует мигающие сигнальные фонари железнодорожного переезда. Схема запускается герконом S1, расположенным в основании пути и срабатывающим под воздействием поля магнита, закрепленного в нижней части проходящего поезда. При этом запускается таймер-одновибратор IC1, управляющий составным транзистором (пара TR1 и TR2), и загораются желтые светодиоды D1 и D2. Кроме того, начинает работать схема мультивибратора на транзисторах TR3 и TR4, заставляющая светодиоды D3 – D6 поочередно мигать с периодом ~6 с в течение времени, достаточного для прохождения поезда. Большей реалистичности можно добиться, если на каждой стороне переезда использовать отдельный набор светодиодов. Для моделей масштаба «00» наилучшими являются светодиоды диаметром 3 мм.



Everyday Practical Electronics

Рис. 63.4

СХЕМА ДЛЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДА ВПЕРЕД–НАЗАД

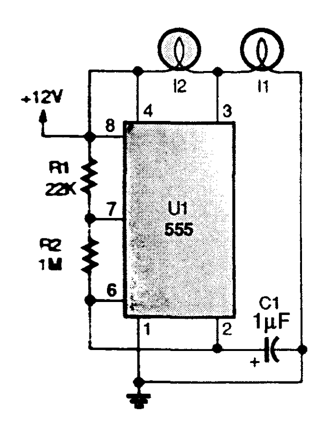


Elektor Electronics **Рис. 63.5**

Схема позволяет модели поезда циклически двигаться по пути вперед–назад. Когда поезд движется слева направо по пути, схематически изображенному в нижней части рисунка, нижний рельс D подключен к положительному выводу источника питания. После того как поезд пройдет диод $D_В$, он остановится. Поскольку локомотив, проходя через разрыв рельса, закоротит диод, то на участке рельса B возникнет короткий положительный импульс напряжения. Этот импульс используется для переключения схемы на IC1 (с двумя устойчивыми состояниями), после чего светодиод D3 гаснет, а конденсатор C3 начинает заряжаться. Когда напряжение на конденсаторе достигает достаточно высокого уровня, транзистор T1 открывается и реле срабатывает. В результате полярность рельсов C и D изменяется на противоположную. Тогда диод $D_В$ открывается, и поезд трогается в направлении пункта A. При этом рельс C подсоединен к положительному выводу источника питания, и, когда поезд пройдет диод $D_А$, положительный импульс напряжения возникнет на участке рельса A. Данный импульс используется для обратного

переключения двухстабильной схемы, после чего светодиод D3 загорается, а реле выключается. Когда контакты реле снова изменят полярность рельсов C и D на противоположную, диод D_A откроется и поезд снова начнет движение в направлении пункта В.

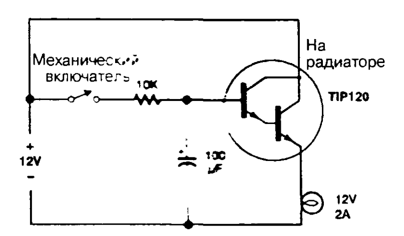
ПРЕРЫВАТЕЛЬ ТОКА СИГНАЛЬНЫХ ЛАМП ДЛЯ ПЕРЕЕЗДА В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ



Popular Electronics **Рис. 63.6**

Эта простая схема может обеспечить мигание ламп накаливания, используемых для сигнализации на железнодорожном переезде в модели железной дороги.

ИМИТАТОР ЛАМПЫ СВЕТОФОРА В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

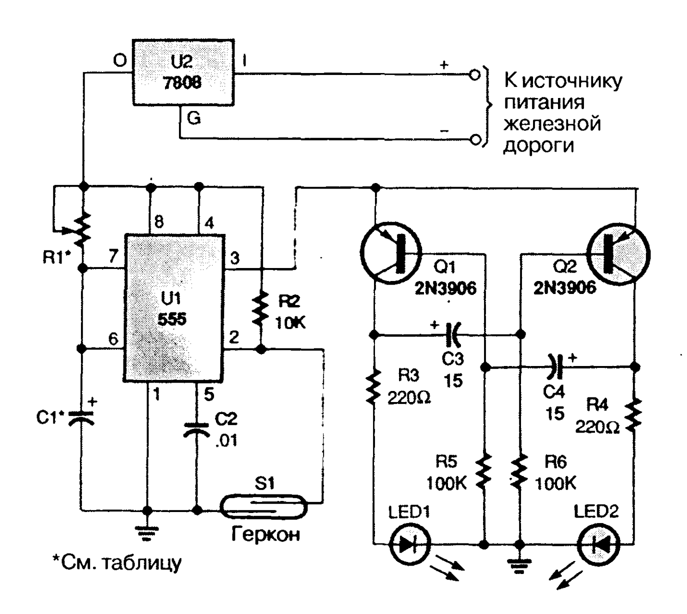


Electronics Now **Рис. 63.7**

На рисунке показана схема медленного включения и выключения лампы, управляемой с помощью заряда и разряда конденсатора. В качестве регулирующего элемента в ней используется мощный транзистор типа TIP120. Напряжение на лампе всегда на 1,2 В ниже, чем напряжение на конденсаторе. При замыкании

ключа конденсатор постепенно, в течение нескольких секунд, заряжается, вызывая повышение напряжения на лампе. Когда ключ размыкается, конденсатор медленно разряжается, и напряжение на лампе снова снижается. Желаемого эффекта можно добиться экспериментальным подбором параметров элементов. Емкость конденсатора влияет как на время нарастания, так и на время спада напряжения, а от сопротивления резистора зависит только время нарастания. В обоих случаях большие значения величин приводят к замедлению процесса. Транзистор TIP120, конечно, должен монтироваться на радиаторе. Обратите внимание, что его монтажное отверстие соединено с коллектором (и, следовательно, с шиной +12 В).

СХЕМА СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ПЕРЕЕЗДА В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ



Popular Electronics **Рис. 63.8**

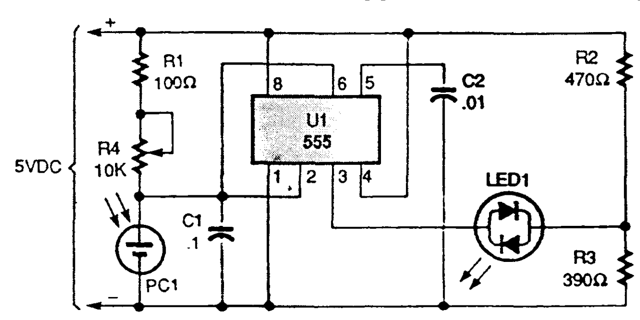
Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Таблица 63.8

R	*Период переключения*	
	C1 = 10 мкФ	*C2 = 100мкФ*
100K	*2 с*	*16 с*
220K	*3 с*	*33 с*
470K	*6 с*	*70 с*
1MPEG	*15 с*	*175 с*

Эту схему можно использовать для управления сигнальными огнями переезда, выполненными на основе светодиодов. Важной особенностью схемы является то, что она включается герконом, срабатывающим при приближении поезда. Для изменения периода переключения огней можно воспользоваться приведенной таблицей.

СИГНАЛ КОНТРОЛЯ ПУТИ В МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ



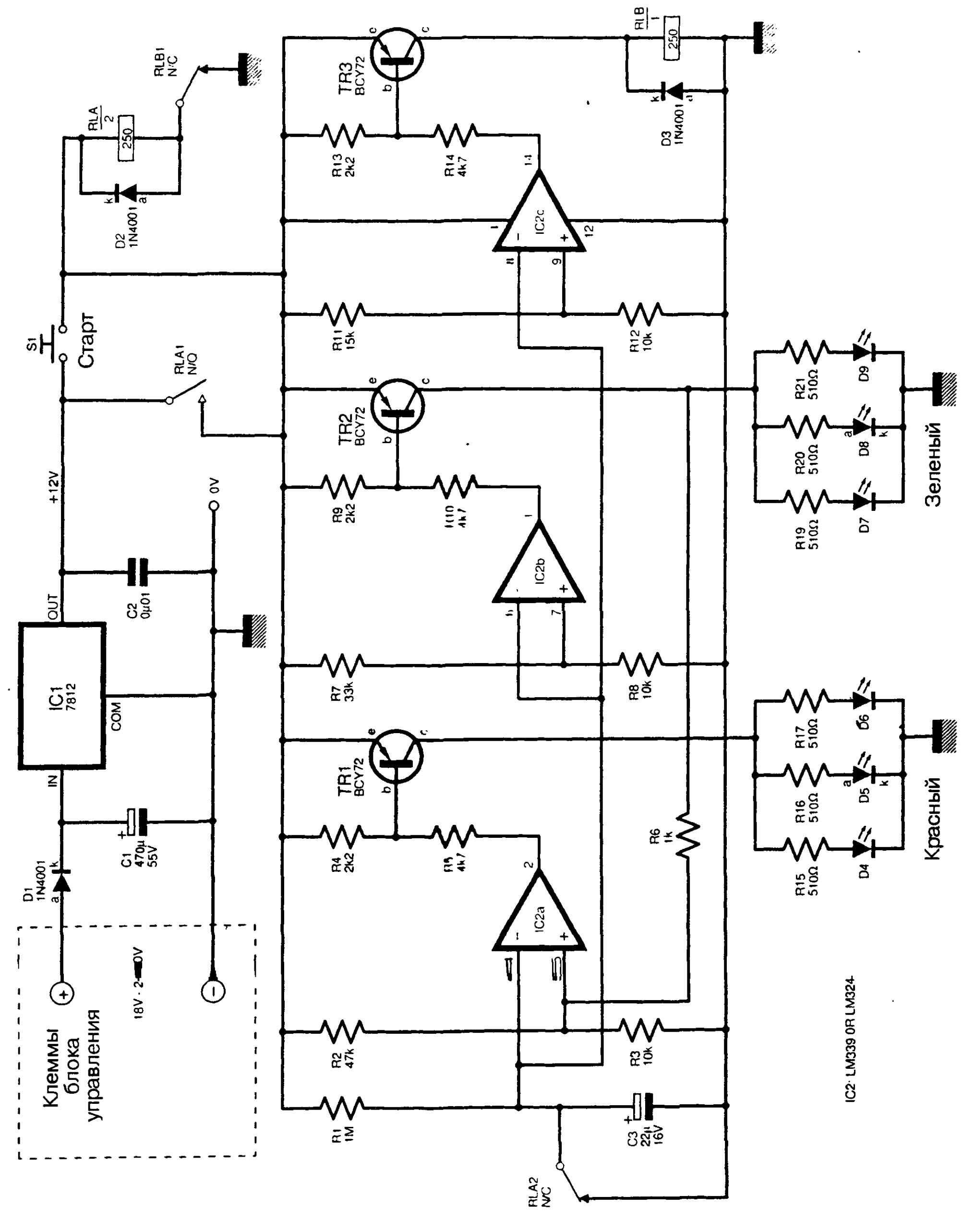
Popular Electronics **Рис. 63.9**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Схема построена на основе ИС таймера типа 555 (U1) и работает от источника питания 5 В, чтобы обеспечить совместимость с цифровой логикой. ИС можно перевести на напряжение питания 12 В с помощью увеличения сопротивлений резисторов R2 и R3. Детектирование прохода поезда осуществляется фотоприемником PC1, который должен быть смонтирован между рельсами на уровне или несколько ниже уровня шпал. Если схема используется в условиях недостаточного освещения, то прямо над фотоприемником должен быть установлен небольшой источник света. Переменное сопротивление R4 настраивается таким образом, чтобы схема срабатывала при перекрытии фотоприемника поездом. Резистор R1 ограничивает ток, поступающий на PC1 при установке потенциометра R4 на минимальное значение сопротивления. Переменный резистор R4 также может быть настроен так, чтобы при прохождении каждого отдельного вагона поезда кратковременно изменялся цвет излучения двухцветного светодиода LED1, что свидетельствовало бы о движении поезда. Удобно использовать две схемы, в начале и в конце пути. Они будут информировать о том, что поезд начал движение. Светодиод LED1 монтируется на панели управления. Схема рассчитана так, что в отсутствие поезда горит зеленый сигнал. Когда поезд перекрывает фотоприемник PC1, ИС U1 переключает светодиод LED1 на красный цвет, что указывает на присутствие поезда.

СТАРТОВЫЕ ОГНИ ДЛЯ ГОНОК

На рис. 63.10 показана схема сигнального устройства для оборудования старта с тремя красными и тремя зелеными стартовыми огнями. Схема может питаться



Everyday Practical Electronics

Рис. 63.10

от источника питания железной дороги. Регулятор напряжения на 12 В (IC1) обеспечивает стабилизированное питание схемы, а диод D1 предотвращает случайное подключение напряжения питания в обратной полярности юным любителем техники. В схеме используется система из реле для запуска и остановки процесса. При нажатии кнопки S1 (Старт) контакты реле RLA1 замыкаются. Напряжение +12 В подается на времязадающее устройство, и реле защелкивается. Контакты RLA2, включенные параллельно конденсатору C3, при этом разомкнуты. В схеме применяются три компаратора (IC2a, IC2b и IC2c), и для каждого из них неинвертирующий (+) вход подключен к своему опорному напряжению, задаваемому делителем напряжения на уровне примерно +2,10, +2,75 и +4,75 В соответственно. В схеме может быть использован счетверенный компаратор LM339 или счетверенный ОУ LM324. Когда конденсатор C3 заряжается до напряжения выше +1,75 В, транзистор TR1 начинает проводить, и зажигаются красные светодиоды D4 – D6. При напряжении ~2.75 В открывается TR2, и загораются зеленые светодиоды D7 – D9. Выход IC2a переходит на высокий уровень благодаря резистору R6, поэтому красные огни гаснут. Когда напряжение на конденсаторе C1 достигает величины 4,75 В, транзистор TR3 начинает проводить и включает реле RLB. Контакты RLB1 (нормально замкнутые) размыкаются и отключают от схемы реле RLA, RLA2 – замыкаются. разряжая времязадающий конденсатор и подготавливая его для следующего цикла.

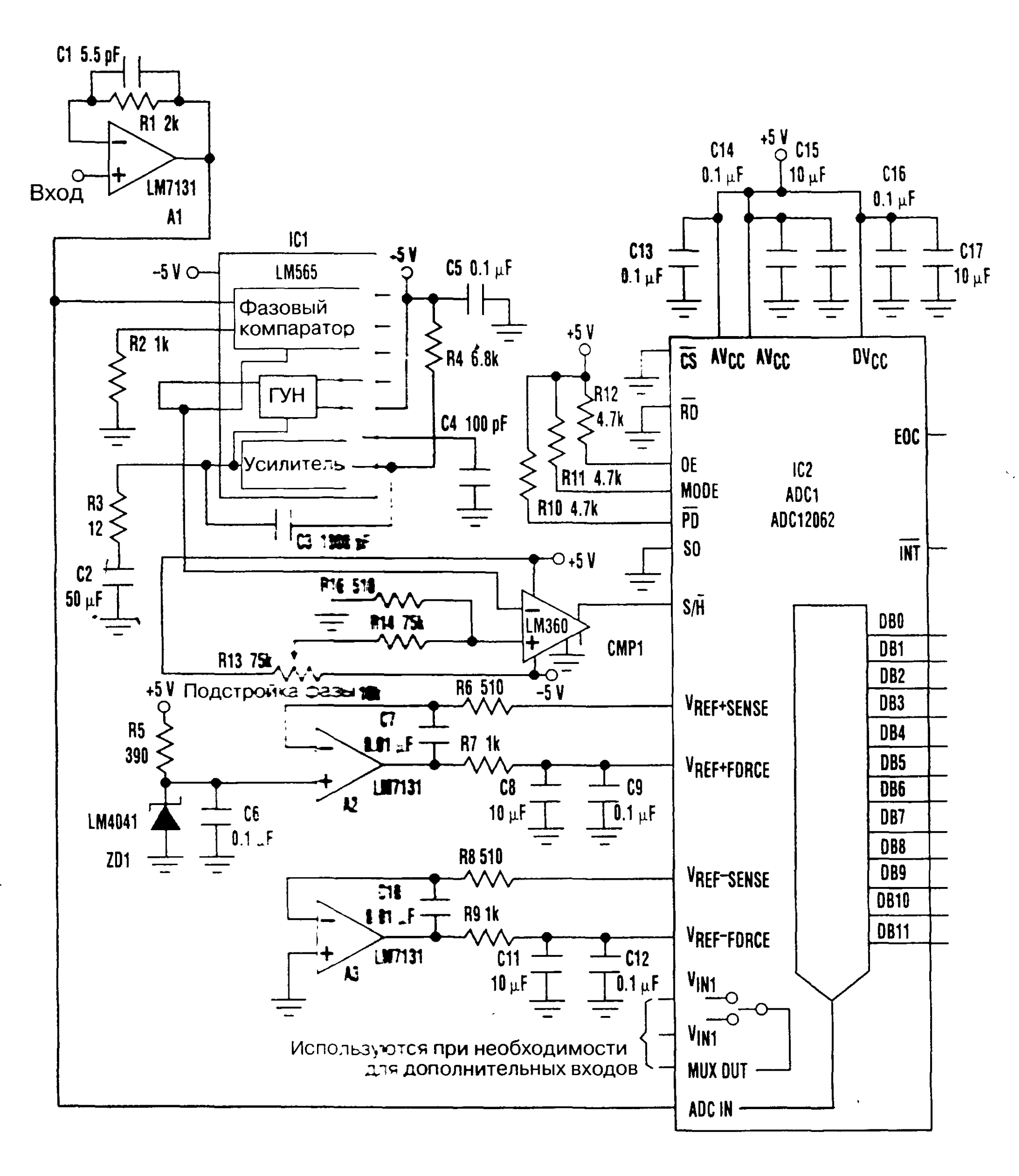
ГЛАВА 64
СХЕМЫ МОДУЛЯТОРОВ И ДЕМОДУЛЯТОРОВ

СИНХРОННЫЙ АМ ДЕТЕКТОР НА ОСНОВЕ АЦП

Применение цифровых методов в радиотехнике значительно повышает технические возможности радиоприемников. Прямое преобразование сигнала промежуточной частоты в цифровой аудиосигнал облегчает цифровую обработку демодулированных сигналов. На рис. 64.1 представлена схема детектора АМ радиосигнала, рассчитанная на стандартную промежуточную частоту 455 кГц. Для демодуляции РЧ сигнала входной сигнал стробируется с частотой, идентичной частоте входного сигнала. Выходной цифровой сигнал, полученный в результате дискретизации, представляет собой восстановленный модулирующий сигнал.

АМ МОДУЛЯТОР НА ОСНОВЕ УСИЛИТЕЛЯ-ОГРАНИЧИТЕЛЯ

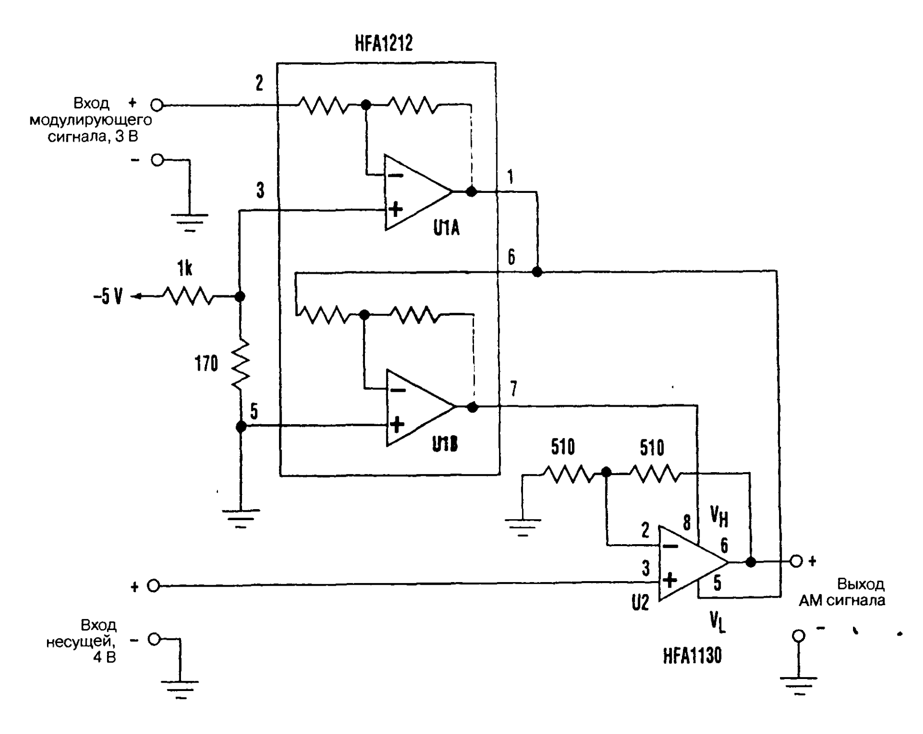
Ограничивающие усилители могут быть использованы и в качестве АМ модуляторов. Быстрое восстановление после перегрузки и широкая полоса пропускания для входов управления порогами ограничения позволяют подавать на эти входы сигналы не только постоянного, но и переменного тока высокой частоты. При подаче сигналов соответствующего уровня входы управления ограничением могут применяться для создания амплитудного модулятора. На ограничивающий усилитель типа HFA1130 подается сигнал несущей частоты с размахом 4 В. Коэффициент усиления HFA1130, равный 2, гарантирует, что такая амплитуда несущей достаточна, чтобы «раскачать» выходной сигнал до максимально возможной амплитуды ±3,3 В. Интегральная схема HFA1212 производит необходимое смещение уровня и инверсию, чтобы преобразовать модулирующий сигнал в два противофазных, которые подаются на два управляющих входа, задающих верхний и нижний уровни ограничения. Усилитель U1A инвертирует сигнал и сдвигает его уровень на 1,5 В. U1B инвертирует полученный сигнал, формируя таким образом противофазный сигнал, центрированный относительно уровня +1,5 В. При нулевом сигнале на входе ИС U2 вырабатывает выходной сигнал несущей частоты



Electronic Design

Рис. 64.1

с амплитудой ±3 В. При изменении напряжения на входе ИС U2 формирует симметрично модулированный сигнал несущей с амплитудой 6 В. Максимальная скорость нарастания выходного напряжения ИС HFA1130, равная 2300 В/мкс, при размахе сигнала несущей 6 В ограничивает ее частоту максимальным значением 61 МГц. При снижении уровней выходного сигнала несущая частота и частота модулирующего сигнала могут значительно превышать 100 МГц.

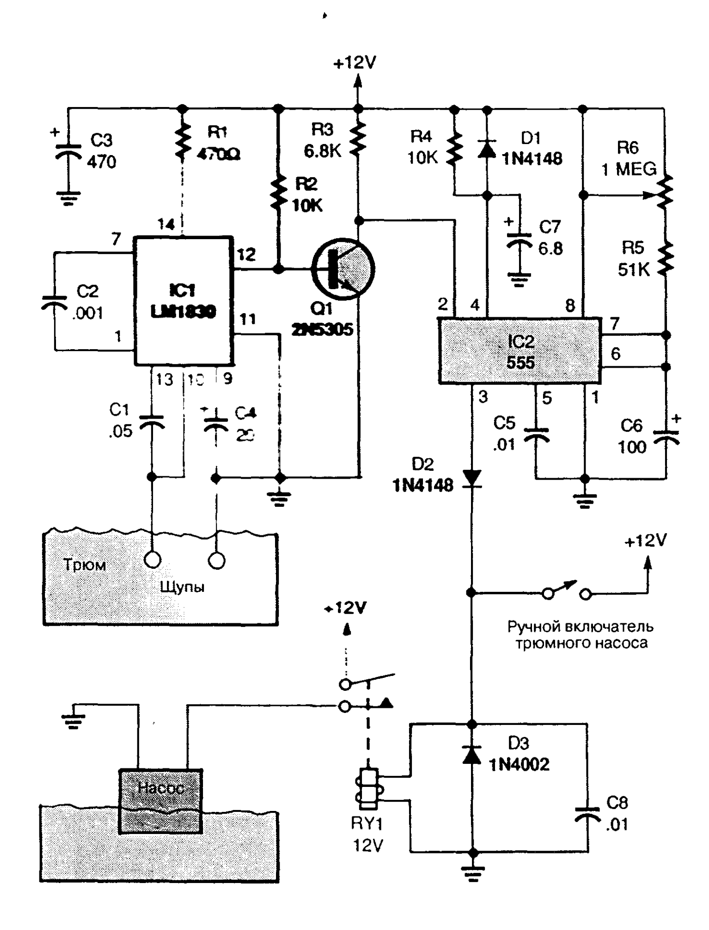


Electronic Design

Рис. 64.2

ГЛАВА 65
СХЕМЫ ДАТЧИКОВ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ И ВЛАЖНОСТИ

ДАТЧИК ВОДЫ I

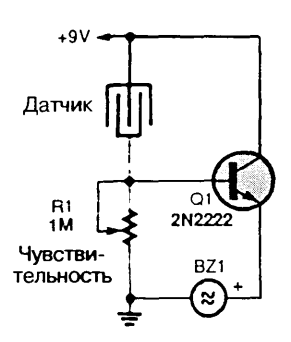


Popular Electronics **Рис. 65.1**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Важнейшим элементом схемы является ИС датчика жидкости типа LM1830, используемая для определения уровней воды и активации внешнего устройства (реле и т.п.). ИС вырабатывает сигнал переменного тока, который пропускается через два щупа, находящиеся в жидкости. Схема детектора ИС определяет наличие или отсутствие жидкости путем сравнения сопротивления между двумя щупами с внутренним эталонным сопротивлением. Когда щупы определяют наличие воды, ИС LM1830 открывает транзистор Q1, который переключает интегральную схему таймера IC2 (типа LM555), вырабатывающую импульс определенной длительности. Выходной сигнал с вывода 3 IC2 включает реле, его контакты замыкаются и включается трюмный насос. Продолжительность работы насоса задается таймером. Время импульса таймера может регулироваться потенциометром R6 с сопротивлением 1 МОм. При значениях параметров элементов, указанных на схеме, и в зависимости от установки потенциометра R6 время таймера можно регулировать в пределах 5–120 с. Элементы R4, D1 и C7, подключенные к выводу 4 IC2, предназначены для начальной установки таймера при включении питания.

ДАТЧИК ВОДЫ II



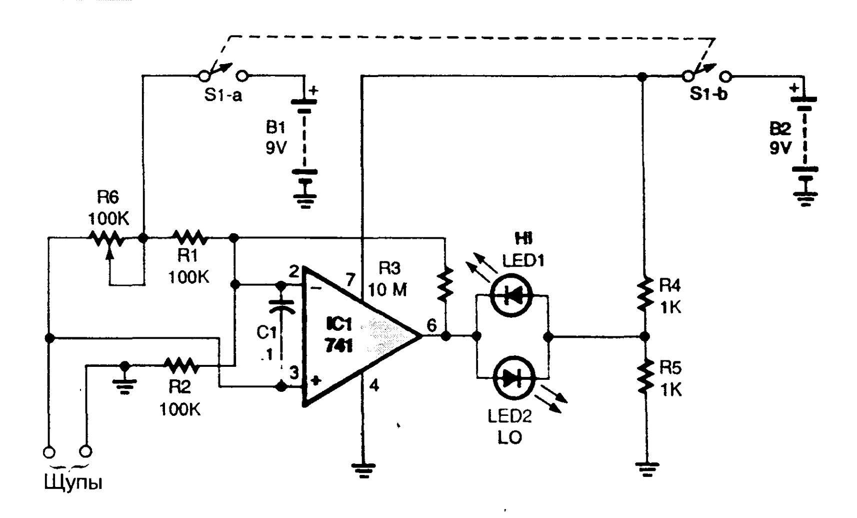
Popular Electronics

Рис. 65.2

Эта простая схема поможет сберечь ваш дом от затопления, а также защитить электрооборудование от повреждения водой. Когда капли дождя попадают на датчик воды, начинает течь небольшой ток, включающий транзистор Q1 и зуммер. При желании можно заменить зуммер на реле, которое будет включать насос. Датчик воды можно изготовить на печатной плате методом травления.

ПРИБОР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

В предлагаемом приборе используется мостовая схема, равновесие которой достигается равенством сопротивлений потенциометра R6 и почвы между двумя щупами. Для того чтобы отрегулировать схему, нужно почву, подлежащую контролю,

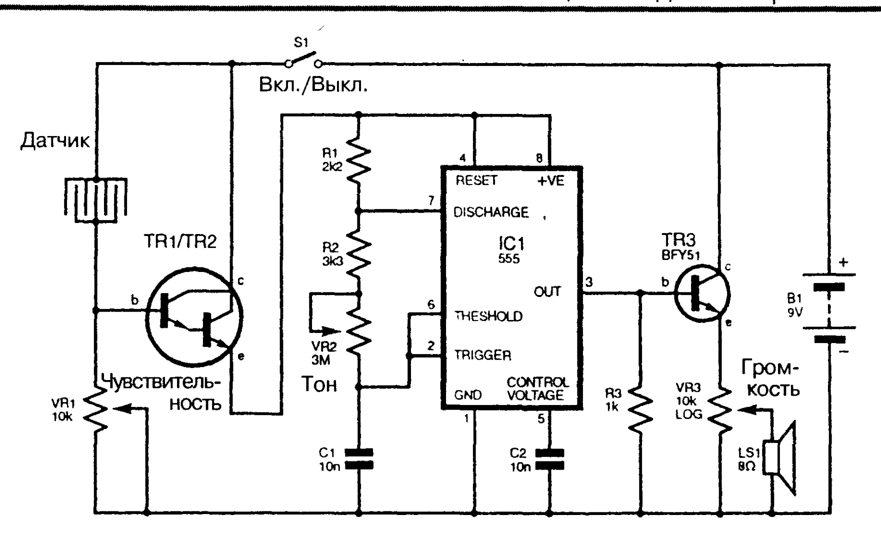


Popular Electronics **Рис. 65.3**

довести до требуемого уровня влажности и потом ввести в нее два щупа. Затем настроить потенциометр R6 так, чтобы оба светодиода были погашены или, по крайней мере, притушены в одинаковой степени. Эти светодиоды играют роль индикатора баланса. Светодиод LED2 включен, когда сопротивление почвы выше установленного потенциометром R6, а когда ниже данного значения, то включен светодиод LED1. Если оба светодиода гаснут или одинаково уменьшают уровень яркости, мостовая схема находится в состоянии баланса. В таком случае сопротивление почвы равно сопротивлению R6. Щупы представляют собой два круглых стержня из нержавеющей стали длиной 15 см и диаметром ~1,6 мм, смонтированных на рукоятке из изоляционного материала на расстоянии 25 мм друг от друга.

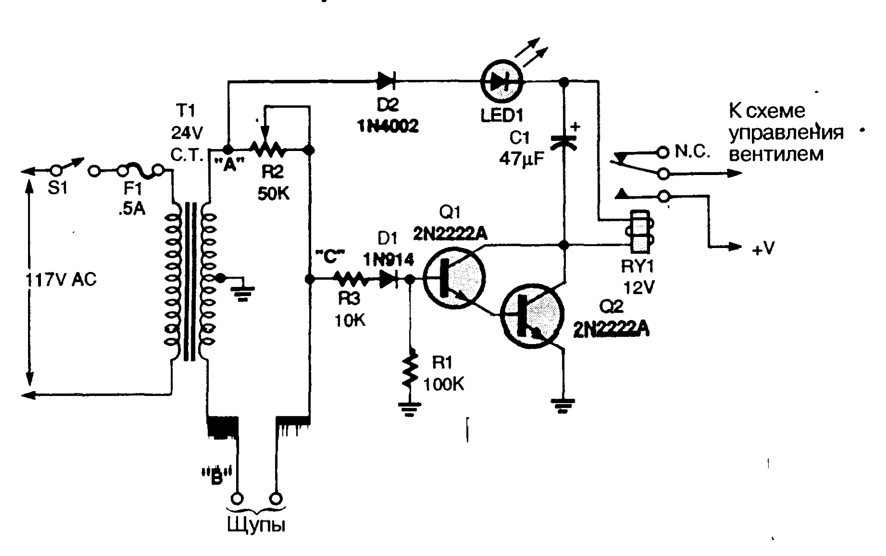
ДАТЧИК ДОЖДЯ

На рис. 65.4 показана схема простого датчика дождя с регулировкой тона и громкости звукового сигнала. Когда датчик шунтируется каплями дождя, составной транзистор TR1/TR2 начинает проводить ток. При этом включается тональный генератор на ИС IC1 типа 555, сигнал от которого через выходной транзистор TR3 подается на громкоговоритель LS1. Потенциометр VR2 задает тон звукового сигнала, который может изменяться в диапазоне 25 Гц – 18 кГц, а с помощью потенциометра VR3 регулируется громкость. Чувствительность схемы настраивается потенциометром VR1. В составном транзисторе можно использовать два транзистора типа ZTX300s или один типа TIP122. В качестве датчика применяется небольшой кусок печатной платы с проводниками в виде полосок. Они соединены через одну так, чтобы образовалась встречно-штыревая структура. Схема работает от стандартной батареи типа PP3 с напряжением 9 В.



Everyday Practical Electronics **Рис. 65.4**

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ, РАБОТАЮЩАЯ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

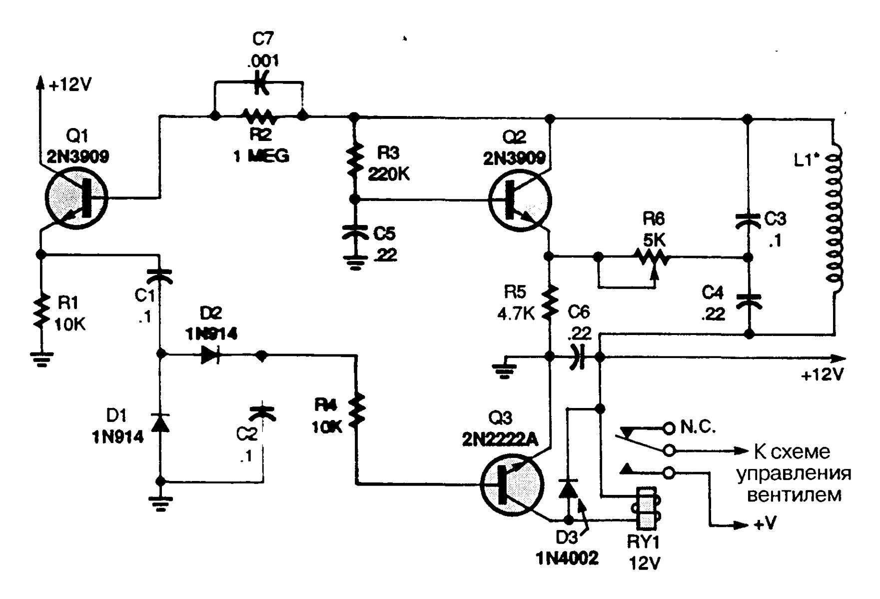


Popular Electronics **Рис. 65.5**

Схема на переменном токе уменьшает возможность проявления со временем эффектов электролиза. При влажной почве повышена проводимость, при сухой – сопротивление. В почву вставляются два щупа. При слабой проводимости между щупами во время положительного полупериода напряжения от точки A через резисторы R2, R3 и диод D1 протекает ток, открывающий транзисторы Q1 и Q2.

При этом между точками В и С тока почти нет. Транзисторы включают реле RY1. Контакты реле замыкаются и открывают вентиль системы полива. Когда почва становится достаточно влажной, через электроды (между точками В и С) начинает течь ток, который уменьшает ток смещения транзисторов, и транзисторы Q1, Q2 закрываются. Конденсатор C1 устраняет (сглаживает) пульсации, контакты реле RY1 размыкаются, что приводит к закрыванию вентиля системы полива. Потенциометром R2 регулируется порог срабатывания схемы.

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОЛИВА С ПОМОЩЬЮ РАДИОЧАСТОТНОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ



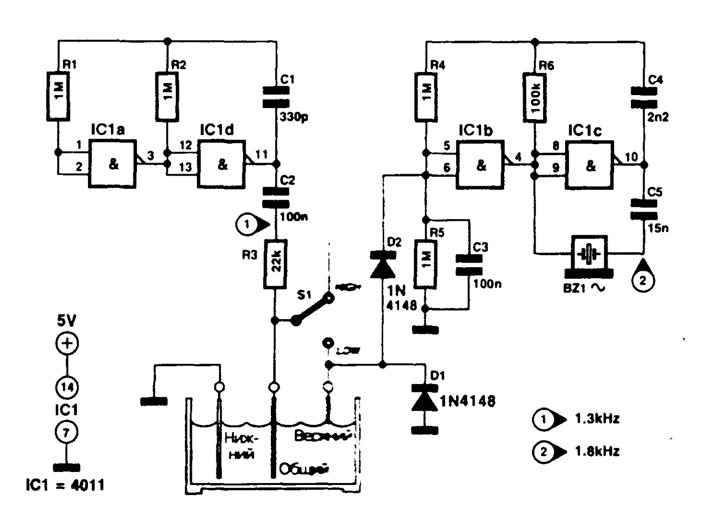
Popular Electronics ***Рис. 65.6***

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

В схеме управления вентилем системы полива используется датчик влажности, который реагирует не на омическое сопротивление почвы: вместо этого применяется генератор звукового диапазона, катушка контура которого зарыта в землю. По величине поглощения энергии в катушке можно определить степень влажности почвы. Транзистор Q2, индуктивность L1 и конденсаторы C3 и C4 образуют простой генератор Хартли. В этой схеме возбуждаются колебания на частоте ~16 кГц. Транзистор Q1, включенный по схеме эмиттерного повторителя, уменьшает влияние нагрузки на схему генератора. Диоды D1 и D2 служат для преобразования (детектирования) РЧ сигнала в постоянный ток, используемый для смещения транзистора Q3, который включает реле управления вентилем системы полива, как только выходное напряжение генератора оказывается достаточным

для его открытия. Чувствительность генератора к изменению влажности почвы устанавливается 10-оборотным подстроечным потенциометром R6. Катушка L1 имеет диаметр ~10 см и содержит ~30 м провода калибра 26 в пластиковой изоляции, скрепленного изолентой. Экспериментируя с этой катушкой, можно добиться значительного улучшения параметров прибора: например, более чувствительной, возможно, окажется плоская спиральная катушка или катушка какой-нибудь другой формы. Допустимо также использовать другие частоты генератора.

ИНДИКАТОР УРОВНЯ ВОДЫ



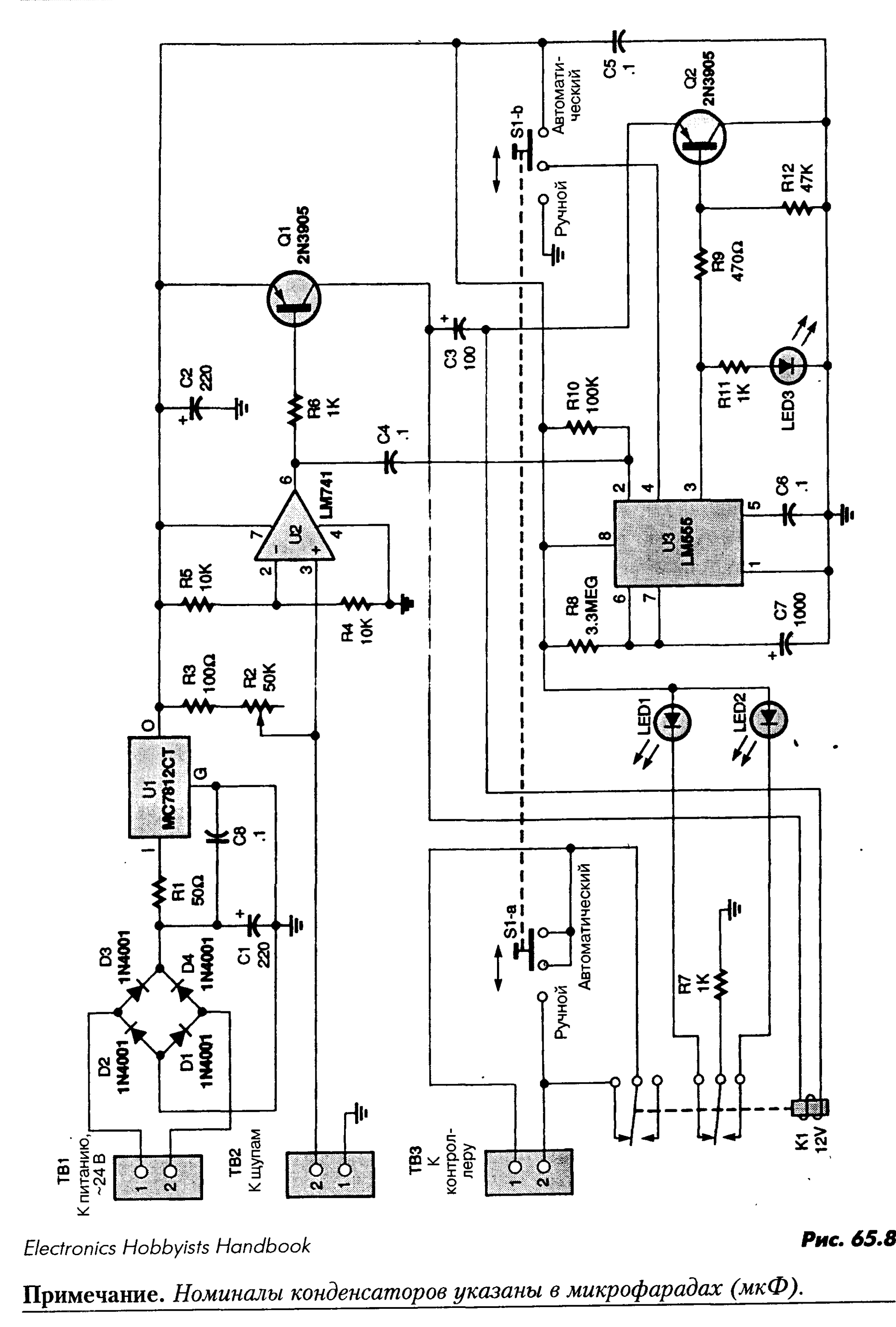
Elektor Electronics **Рис. 65.7**

Это устройство предназначено для подачи предупредительного звукового сигнала, когда вода в баке заканчивается. Схема состоит из двух обычных генераторов, каждый из которых построен на паре КМОП вентилей по традиционной схеме, описанной в учебниках. Когда переключатель S1 находится в нижнем положении (LOW), вентили IC1a и IC1d вырабатывают импульсный ток, протекающий через конденсатор C2, резистор R3, общий электрод, воду и нижний электрод на «землю». Когда уровень воды уменьшается, путь тока на «землю» прерывается и переменное напряжение через переключатель S1 подается на диоды D1 и D2. Это приводит к заряду конденсатора C3, на выводе 5 ИС IC1b нарастает потенциал, и схема на вентилях IC1b и IC1c начинает генерировать. В качестве акустического преобразователя используется пьезозуммер. Затем переключатель переводится в верхнее положение (HIGH). Вывод 6 IC1 соединяется с «землей» через резистор R5,

в ожидании, пока бак наполнится, и электроды общий и верхний замкнутся через воду. Тогда переменный ток будет протекать через диод D2, снова вызывая звуковой сигнал тревоги. Далее насос выключают, и переключатель S1 снова переводится в положение для контроля уровня воды в баке. Скорость заряда конденсатора C3 регулируется изменением сопротивления R3. Напряжение питания схемы может быть от 5 до 12 В.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ

Предлагаемая схема (рис. 65.8), контролирующая количество влаги на поверхности почвы при поливе, может быть использована с любым контроллером поливальной установки со стандартными клапанами на 24 В переменного тока. Если почва сухая, то этот блок позволяет контроллеру полностью выполнить программу полива, заданную его таймером. Блок питается от контроллера, с которым он применяется. С выхода микросхемы U1 стабилизированное напряжение 12 В подается на остальные части схемы. Щупы подключаются к контактам 1 и 2 разъема TB2. Переменный резистор R2 предназначен для подстройки под определенное сопротивление почвы между двумя щупами, так чтобы ОУ U2, используемый в роли компаратора, вырабатывал выходной сигнал высокого уровня, когда почва сухая. В таком случае транзистор Q1 закрывается, выключая реле K1, и контакты 1 и 2 разъема TB3 замыкаются. Если при этом контроллер даст команду полить газон, то будет происходить полив. Предположим, что почва влажная, сопротивление между щупами снижается. Следовательно, на выходе ИС U2 будет низкий уровень, транзистор Q1 откроется и включит реле K1. В данном случае, даже если контроллер подаст команду на полив, клапаны не откроются. Теперь предположим, что почва вновь стала сухой, тогда реле K1 выключается. Когда в соответствии с программой подойдет время полива, клапан подачи воды откроется и начнется запрограммированный цикл полива. Щупы мгновенно увлажняются, и выходной сигнал ИС U2 переходит на низкий уровень. Возникающий при быстром уменьшении выходного напряжения ИС U2 отрицательный импульс передается через конденсатор C4 на вывод 2 ИС U3 таймера типа 555, и он начинает отсчет времени. Выходной сигнал таймера с вывода 3 закрывает транзистор Q2, который удерживает реле K1 во включенном состоянии в течение времени, определяемого сопротивлением R8 и конденсатором C7. При этом поливальная установка за указанное время завершает полив. Двухполюсный переключатель на два направления S1 используется для перевода схемы в автоматический или ручной режим. Работа схемы в автоматическом режиме описана выше. В ручном режиме выводы разъема TB3 замкнуты, что отключает схему защиты от переувлажнения.

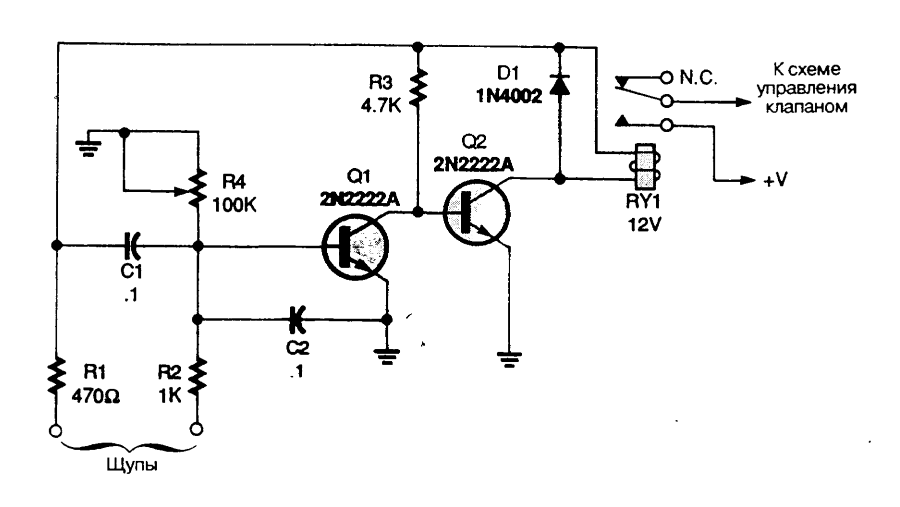


Electronics Hobbyists Handbook

Рис. 65.8

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ПОЛИВА



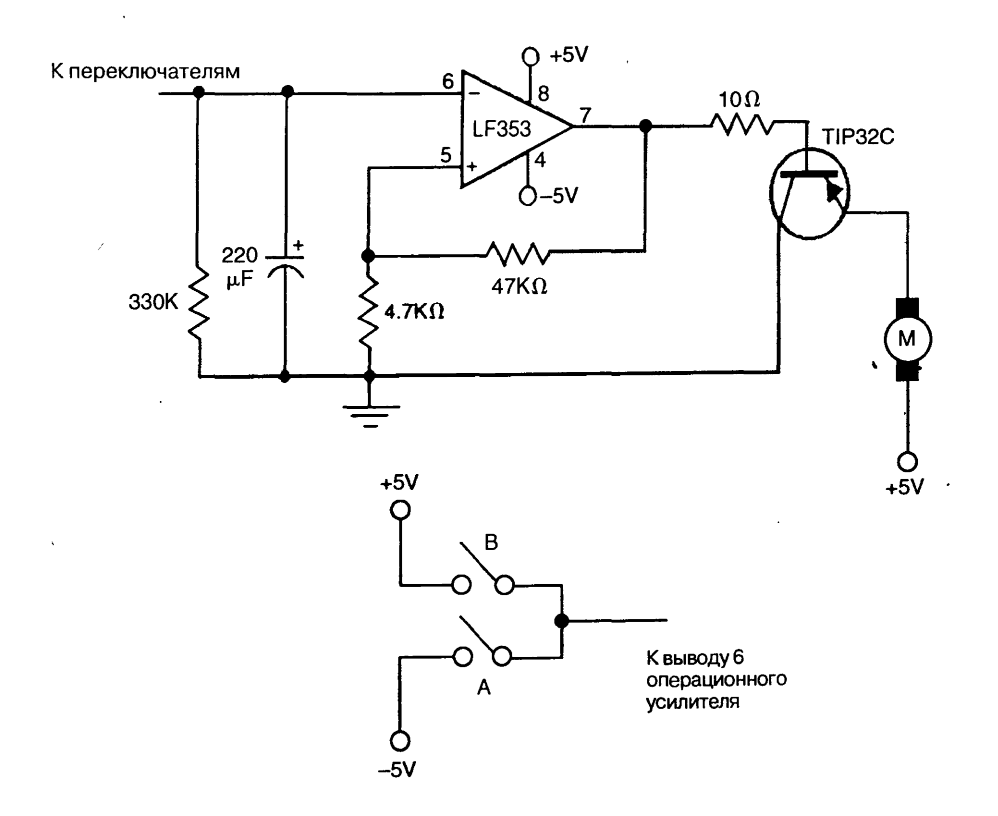
Popular Electronics **Рис. 65.9**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Схема действует следующим образом. В почву вставляют два электрода, которые являются чувствительным элементом устройства. Когда почва сырая, она лучше проводит электрический ток. транзистор Q1 получает смещение в прямом направлении и выключает транзистор Q2. Если почва высыхает, смещение транзистора Q1 уменьшается, транзистор Q2 открывается, включает реле RY1, контакты RY1 замыкаются и открывают управляющий клапан системы полива. Когда почва становится достаточно влажной, транзистор Q1 открывается и выключает транзистор Q2, реле RY1 и клапан подачи воды.

ГЛАВА 66
СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

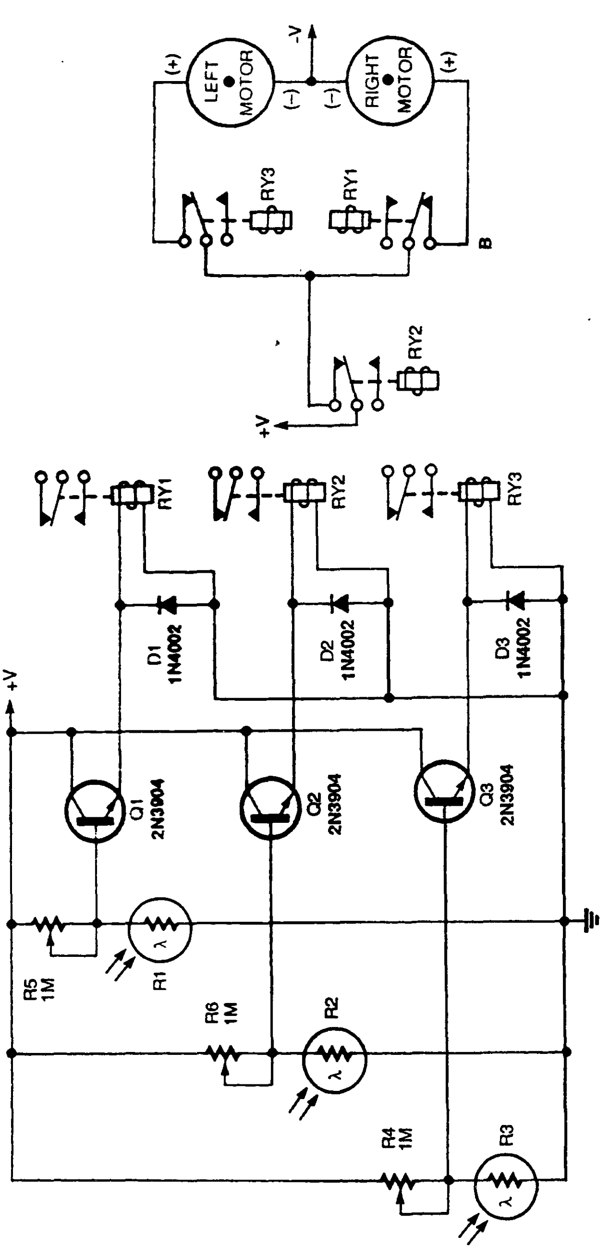
СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА



Nuts and Volts **Рис. 66.1**

Схема электронной защелки с концевыми выключателями A и B используется для управления электродвигателем постоянного тока.

СХЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ЛУЧОМ СВЕТА

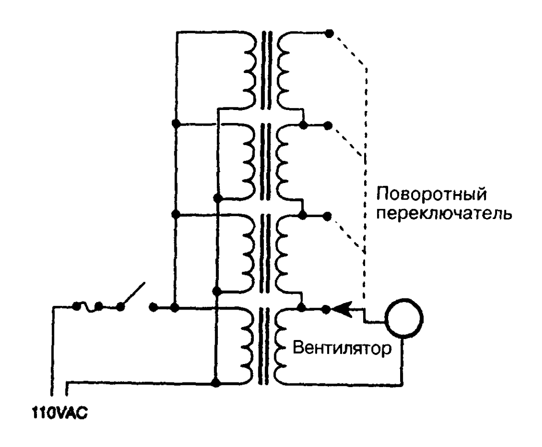


Electronics Now **Рис. 66.2**

Примечание. *Как только фотодатчик R1 или R3 регистрирует отсутствие света, соответствующий электродвигатель останавливается. Если отсутствие света регистрирует датчик R2, то останавливаются оба двигателя.*

Эта схема (рис. 66.2), включающая в себя три фотодатчика и три реле, позволяет роботу следовать за лучом света. При потере луча срабатывают соответствующие реле, управляющие электродвигателями, и производится коррекция движения.

РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА



Nuts and Volts **Рис. 66.3**

В обычных схемах для регулирования скорости вращения используются симисторы (например, при управлении асинхронным электродвигателем), вместо них можно подключить несколько трансформаторов с выходным напряжением 24 В, рассчитанных на ток до 1,5 А. При этом необходимо их первичные обмотки соединить параллельно, а вторичные – последовательно, как показано на схеме.

МОСТОВАЯ СХЕМА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Эту схему (рис. 66.4) можно использовать для питания электродвигателя переменного тока от источника постоянного тока. Применяемые в схеме приборы типа PVD33 производятся фирмой International Rectifier и представляют собой мощные оптроны.

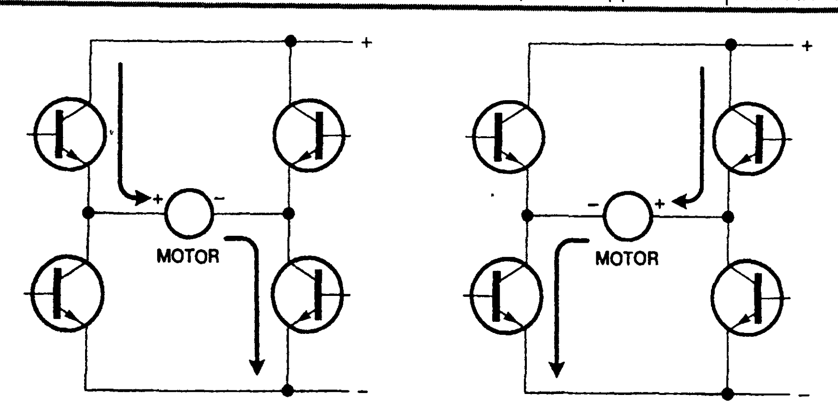
МОСТОВАЯ СХЕМА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Мостовая схема (рис. 66.5) позволяет включить электродвигатель постоянного тока для вращения в любом из возможных направлений с помощью одновременного открытия двух транзисторов из четырех. Эта схема подключает питание

Осветительная лампочка,
120 В, 40 Вт (для ограничения тока)
+120V
A
330
PVD33
2
8
3
5
B
330
PVD33
2
8
3
5
Электродвигатель
(ток до 300 мА)
PVD33
8
2
5
3
C
330
PVD33
8
2
5
3
D
330
Входные сигналы
A, D
B, C
1/60 SEC.
Небольшие задержки,
чтобы избежать одновременного
включения всех четырех
полевых транзисторов

Electronics Now

Рис. 66.4



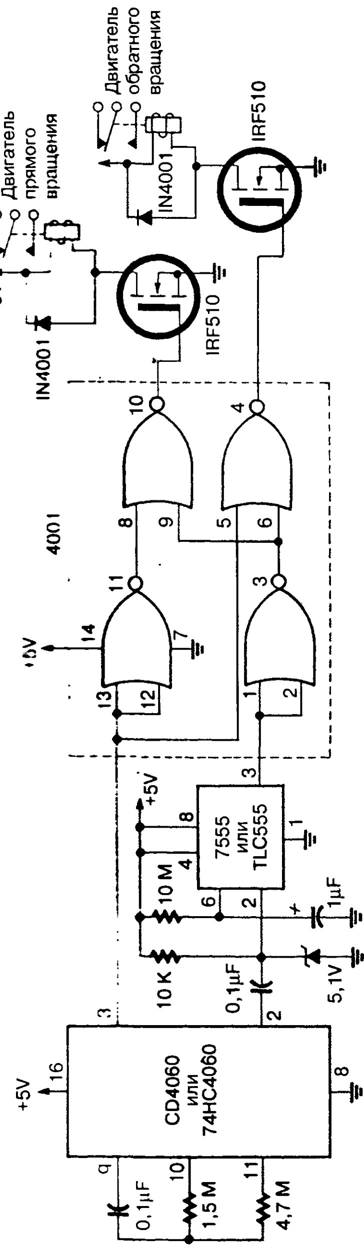
Electronics Now

Рис. 66.5

к электродвигателю и дает возможность изменять его полярность. Она обычно используется для запуска электродвигателя постоянного тока в прямом и обратном направлениях.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ИНКУБАТОРА

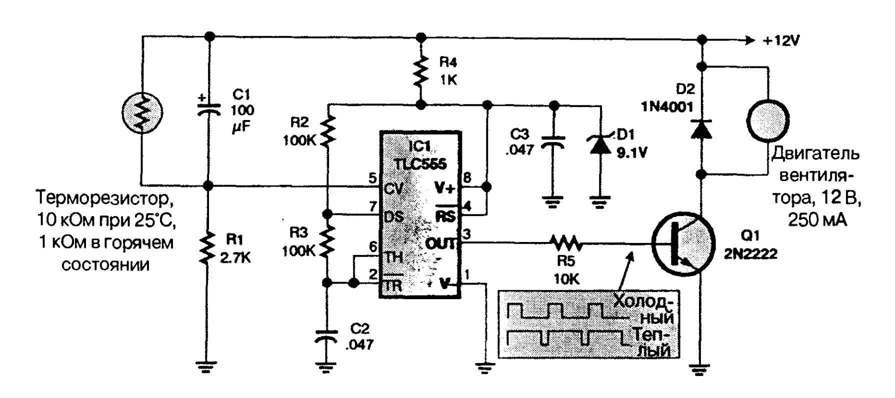
В схеме (рис. 66.6) имеется КМОП таймер типа 4060, позволяющий формировать импульсы большой длительности и состоящий из генератора и двоичных счетчиков, которые делят частоту на 2, 4, 8 и т.д. (вплоть до коэффициента 16384). Генератор работает на частоте 2 Гц (2 периода в секунду), задаваемой конденсатором и двумя резисторами. Двоичный счетчик делит эту частоту, формируя на выходе прямоугольный сигнал с периодом 2 ч, а также другой сигнал, имеющий вдвое большую частоту. Более высокочастотный из этих двух прямоугольных сигналов определяет время работы мотора, а второй сигнал – направление его вращения. Это реализуется следующим образом: сначала более высокочастотный прямоугольный сигнал проходит через цепочку, состоящую из конденсатора, резистора и диода, которая преобразует его в отрицательный импульс, возникающий один раз в час. Микросхема типа 555, включенная по схеме одновибратора, расширяет этот импульс до 10 с (требуемая продолжительность работы электродвигателя). Схема из логических элементов формирует импульс, включая одно из двух реле так, что в результате мотор начинает вращаться в прямом или в обратном направлении в зависимости от того, какое значение имеет в данный момент низкочастотный прямоугольный сигнал. Поскольку импульсы для включения прямого и обратного вращения вырабатываются одной и той же микросхемой типа 555, они имеют одинаковую длительность – это важно, так как в данном случае цикл обратного вращения будет в точности соответствовать тому движению, которое было произведено вперед во время цикла прямого вращения.



Electronics Now

Рис. 66.6

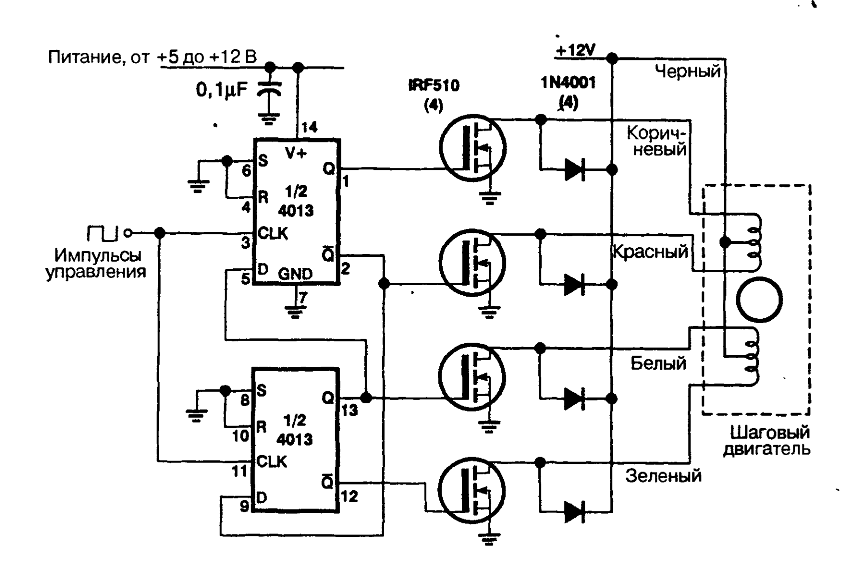
СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА



Electronics Now **Рис. 66.7**

В данной схеме скорость вращения электродвигателя вентилятора увеличивается при повышении температуры терморезистора. Для питания электродвигателя используется последовательность импульсов, коэффициент заполнения которой изменяется от 34 до 100%.

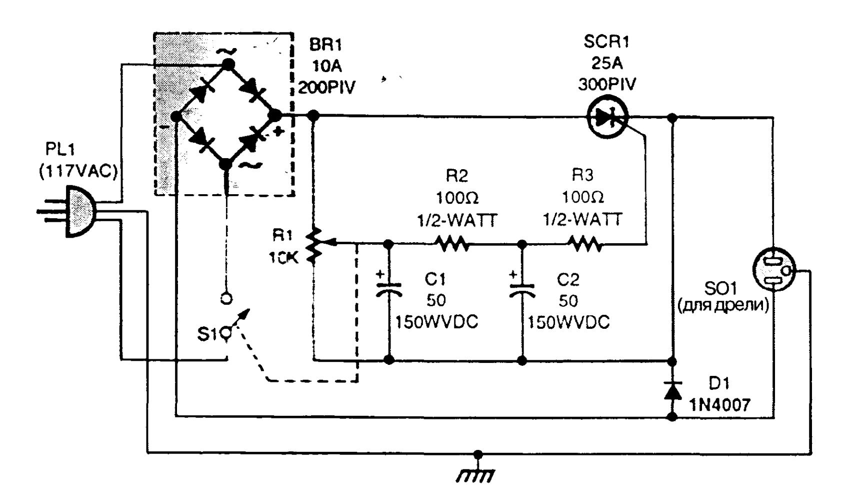
СХЕМА ПРИВОДА ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ



Electronics Now **Рис. 66.8**

В этой схеме четыре мощных полевых транзистора типа IRF510 под управлением КМОП счетчика вырабатывают квадратурную двухфазную последовательность импульсов, необходимую для управления шаговым двигателем. Несмотря на существование специальных ИС, предлагаемый вариант удобен для экспериментатора, потому что здесь используются детали, обычно имеющиеся в наличии (например, шаговый двигатель был взят от неисправного дисковода).

РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДРЕЛИ



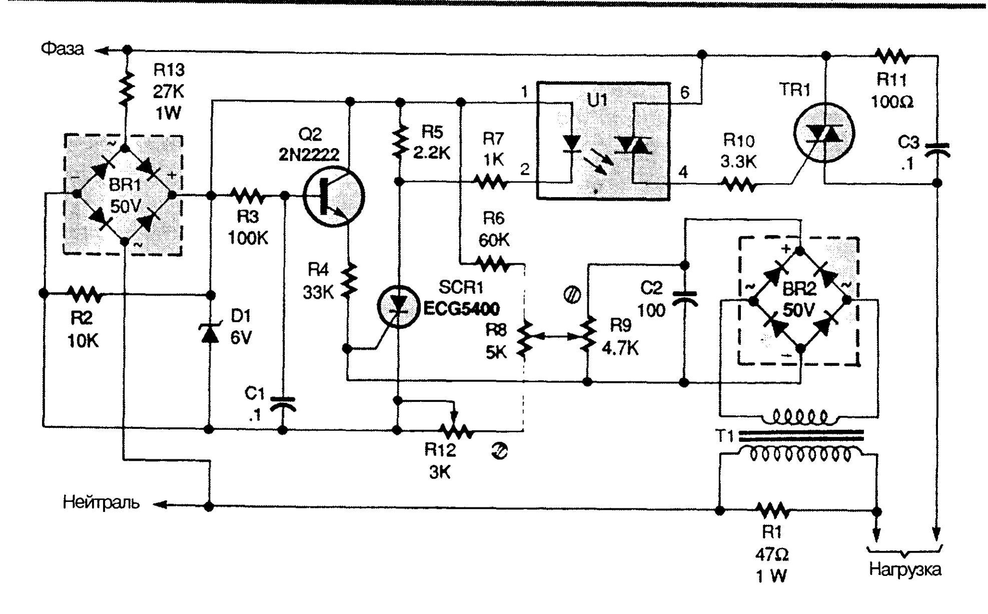
Popular Electronics **Рис. 66.9**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Чтобы сделать скорость вращения дрели регулируемой, следует добавить эту схему к односкоростной дрели. Мостовой выпрямитель (BR1) обеспечивает двухполупериодное выпрямление тока, поступающего на тиристор (SCR1), такой мост рассчитывается на максимальное обратное напряжение 200 В и номинальный ток 10 А. Тиристор SCR1 должен иметь максимальное обратное напряжение 300 В и номинальный ток 25 А. Диод D1 предназначен для защиты от импульсов обратного напряжения, возникающих в электродвигателе дрели. Номинальный ток диода равен 2 А, скорость вращения электродрели регулируется потенциометром R1.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Эта схема позволяет управлять вентиляторами и другими электродвигателями переменного тока, имеющими мощность не более 1/4 л. с. (200 Вт) и не оснащенными



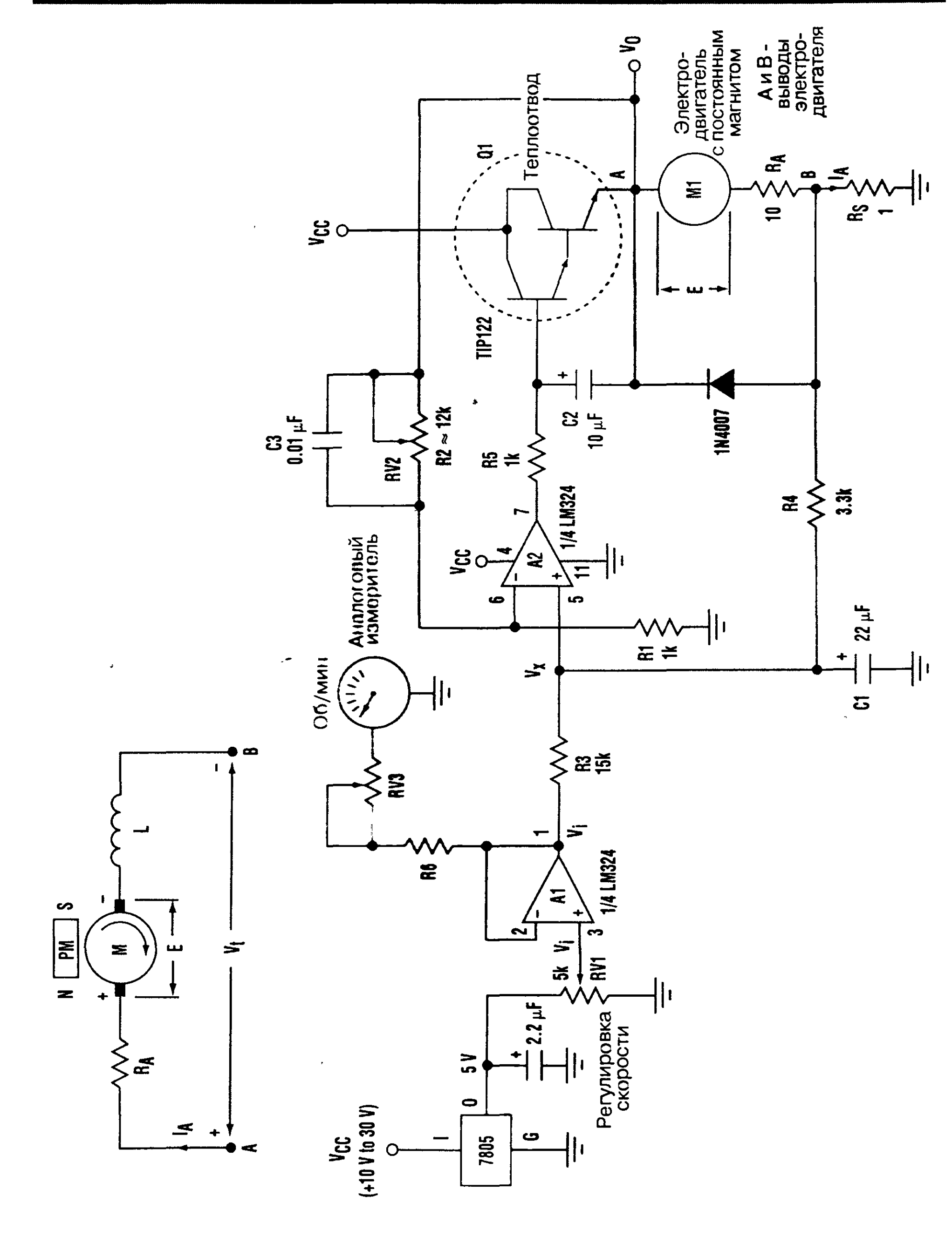
Popular Electronics **Рис. 66.10**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

центробежными схемами запуска. Функционирование схемы основано на регулировании эффективного напряжения переменного тока. Схема управляет процессом пуска двигателя, а также учитывает изменение нагрузки при его работе. На конденсаторе C1 возникает нарастающее напряжение, и с его помощью регулируется время задержки включения тиристора SCR1. Амплитуда напряжения изменяется вручную с помощью потенциометра R8 (при регулировании скорости вращения двигателя), а также предварительной установки потенциометра R9 для настройки диапазона регулировки (R9 должен обеспечивать получение наибольшего диапазона регулировки). Уровень нарастающего напряжения относительно «напряжения запуска» тиристора SCR1 устанавливается потенциометром R12. Сопротивление R1 нужно выбирать в соответствии с нагрузкой: чем мощнее электродвигатель, тем меньше должно быть это сопротивление. Трансформатор T1 должен иметь следующие параметры: первичная обмотка – 25 витков провода калибра 26, вторичная обмотка – 200 витков. В качестве замены подойдет любой трансформатор малого размера с отношением числа витков обмоток порядка 1:10.

РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ

Обычно бывает трудно или неудобно регулировать скорость вращения электродвигателей постоянного тока с постоянным магнитом при помощи оптических



Electronic Design

Рис. 66.11

Примечание. *М1 – электродвигатель постоянного тока типа Питтмана, модель GM9413G235 на 24 В с редуктором 19,7:1.*

тахометров или тахометров постоянного тока, особенно двигателей со встроенным редуктором. Вал электродвигателя, вращающийся с высокой скоростью и приводящий в движение редуктор, не всегда доступен, а скорость вращения выходного, замедленного вала часто оказывается недостаточной для функционирования тахометра. Приведенная схема работает от одного источника питания и не требует применения тахометра. Она позволяет сохранить большой вращающий момент двигателя при увеличении нагрузки, благодаря использованию положительной обратной связи для компенсации падения напряжения на сопротивлении якоря. В нестабилизированных электродвигателях постоянного тока с постоянным магнитом, скорость вращения которых может изменяться, снижение скорости при нагрузке особенно сильно проявляется при низких напряжениях питания. Положительная обратная связь создает отрицательное сопротивление, которое компенсирует нелинейные эффекты, связанные с сопротивлением якоря. Таким образом, она гарантирует линейную зависимость скорости вращения электродвигателя от напряжения на входе регулятора скорости (V_I). Компенсация сопротивления якоря выполняется при условии:

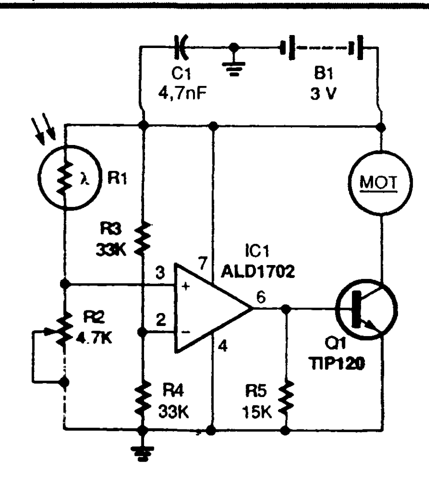
$$R_S = R_A / \{[gain\ (R3) / (R3 + R4)] - 1\},$$

где gain – коэффициент усиления.

Совместный учет коэффициентов усиления и отношения резисторов R3 и R4 снижает значение сопротивления R_S, необходимого для минимизации потерь мощности. Цепочка C1, R4 увеличивает время реакции положительной обратной связи, а также работает в качестве фильтра нижних частот и ослабляет шумы тока двигателя, проходящего на вход микросхемы A2. Максимальный размах выходного напряжения микросхемы A2 равен примерно (V_{CC} – 2 В), и кроме того, 1,2 В теряется на переходах база–эмиттер транзистора Q1. В связи с этим напряжение питания (V_{CC}) должно быть на ~5 В выше требуемого максимального напряжения на двигателе, чтобы при тяжелых условиях нагрузки подать на двигатель дополнительную, повышенную мощность. Разумным выбором для сопротивления R_S является величина, примерно равная $R_A/10$, а коэффициент усиления ОУ A2 с помощью потенциометра RV2 должен выбираться так, чтобы скорость вращения двигателя не снижалась при увеличении нагрузки.

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ, УПРАВЛЯЕМАЯ СВЕТОМ

На рис. 66.12 приведена схема элементарного выключателя электродвигателя, управляемая светом. КМОП операционный усилитель (IC1) используется в качестве компаратора. Этот компаратор сравнивает два входных напряжения и переключает свой выход в высокое или низкое состояние в зависимости от того, какое из входных напряжений больше. Входной вывод 2 подключен к опорному напряжению, создаваемому на делителе из резисторов R3 и R4 и равному примерно половине напряжения питания. Входной вывод 3 подключен к делителю напряжения, составленному из фоторезистора R1 на основе сульфида кадмия (R1)

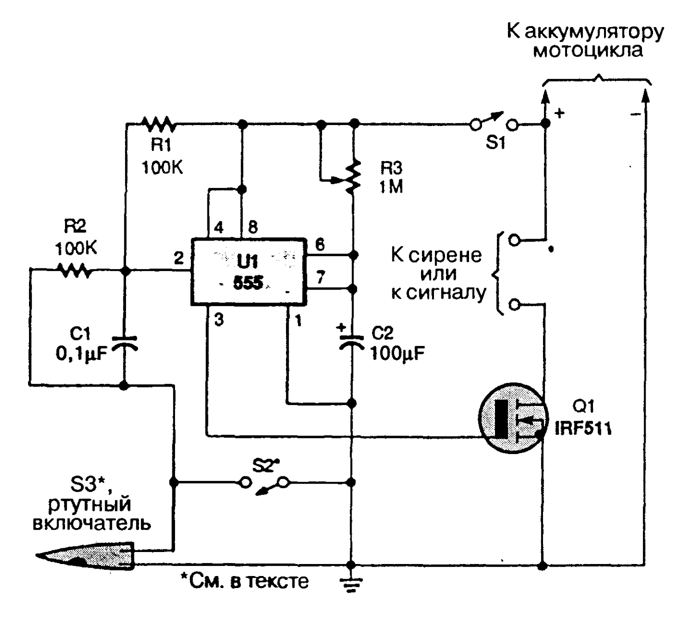


Electronics Now ***Рис. 66.12***

и потенциометра R2. Сопротивление фоторезистора изменяется в зависимости от освещенности, так что интенсивность света проявляется изменением сопротивления и соответственно напряжения на выводе 3 IC1. Уровень освещенности, при котором происходит включение схемы, настраивается потенциометром R2. Когда напряжение на выводе 3 микросхемы IC1 становится больше, чем на выводе 2, происходит переключение. и на выходе ОУ (вывод 6) устанавливается высокий уровень сигнала. Выход ОУ IC1 непосредственно связан с базой транзистора Q1. Этот транзистор, который включает или выключает электродвигатель, используется как усилитель слабого тока.

ГЛАВА 67
СХЕМЫ ДЛЯ МОТОЦИКЛОВ

СХЕМА ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ МОТОЦИКЛА

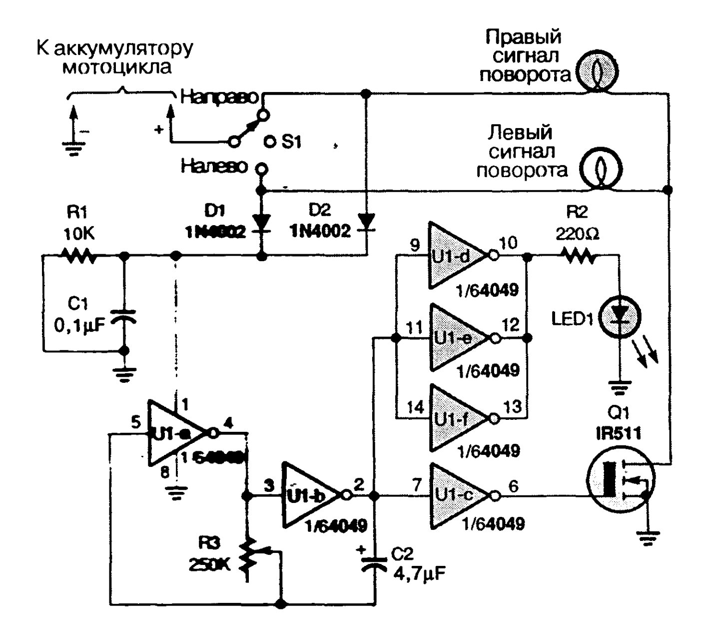


Popular Electronics **Рис. 67.1**

ИС типа 555 включена по схеме ждущего одновибратора, который открывает на некоторое заданное время полевой транзистор Q1, управляющий сиреной или сигналом мотоцикла. Ключ S1 используется для включения питания. Замыкание одного из ключей (S2 или S3) приводит к запуску микросхемы U1: когда один из них замыкается, потенциал вывода 2 ИС снижается. Схема запускается, и на выводе 3 возникает положительный выходной сигнал, который включает сигнал тревоги. Продолжительность сигнала устанавливается потенциометром R3. Ртутный выключатель S3 служит для включения сирены в случае, если кто-нибудь потревожит мотоцикл. Выключатель S2 можно использовать в качестве сигнала тревоги, если вы почувствуете какую-либо угрозу. Полевой транзистор IRF511

с каналом n-типа может работать с токами до 4 А. При возникновении необходимости управлять токами бóльшей величины допустимо применять транзистор типа IRF530, рассчитанный на ток до 14 А.

СХЕМА ПРЕРЫВАТЕЛЯ ДЛЯ УКАЗАТЕЛЕЙ ПОВОРОТОВ МОТОЦИКЛА

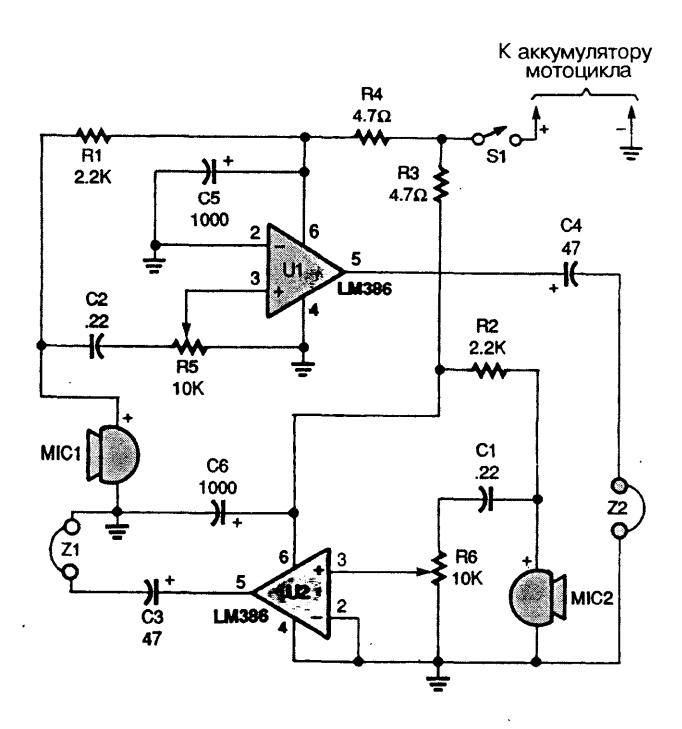


Popular Electronics ***Рис. 67.2***

Низкочастотный генератор, построенный на основе 6-инверторной микросхемы типа 4049, управляет индикаторным светодиодом и мощным полевым транзистором, использующимся как прерыватель в цепи ламп. Частота прерываний задается резистором R3 и конденсатором C2. Для включения указателей поворота налево или направо применяется переключатель S1.

ПЕРЕГОВОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОТОЦИКЛА

Для того чтобы нормально разговаривать во время движения на мотоцикле, можно использовать это двустороннее переговорное устройство.



Popular Electronics ***Рис. 67.3***

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

ГЛАВА 68
МУЗЫКАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

АНАЛОГОВЫЙ БЛОК ЗАДЕРЖКИ ДЛЯ ГИТАРЫ

Звуковой сигнал от гитары (рис. 68.1) подается сначала на предварительный усилитель и фильтр нижних частот, а затем проходит через микросхему аналоговой линии задержки. Время задержки зависит от тактовой частоты. Тактовую частоту можно промодулировать с помощью НЧ генератора, что придает звуку гитары характерную особенность.

ВИДЕОМУЗЫКАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Принцип действия устройства (рис. 68.2) состоит в том, что входной звуковой сигнал преобразуется в два компонента (x и y), сдвинутые по фазе один относительно другого примерно на 90°. Эти сигналы затем дискретизируются, оцифровываются и сохраняются в буферной видеопамяти (ЗУПВ) в виде массива цифровых данных. Размещение битов данных в памяти связано с горизонтальными (x) и вертикальными (y) координатами точек, воспроизводимыми на телевизионном экране. Видеопамять периодически, синхронно с кадровой разверткой, считывается и очищается. В результате последовательность видеоданных суммируется с сигналами цветовой вспышки и синхронизации, чтобы получить на выходе полный цветной телевизионный сигнал системы NTSC. Рассматриваемая схема, по существу, преобразует стандартный телевизионный экран с обычной растровой разверткой в экран осциллографа, на котором горизонтальное и вертикальное положение светящейся точки определяется соответственно сигналами x и y. Сдвиг фазы на 90° между двумя сигналами приводит к возникновению на телевизионном экране сложных двумерных динамических изображений при подаче на вход музыки, голоса или другого звукового сигнала. Спектральный состав входного сигнала определяет цвет изображения.

Примечание.

Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).

Видеоконтроллер состоит из высокоскоростного двухканального аналогового переключателя IC6, 8-разрядного аналого-цифрового преобразователя IC7, ТТЛ генератора с кварцевой стабилизацией IC10, ИС статической памяти ЗУПВ 8K×8 (IC9) и схемы управления и синхронизации, выполненной на IC8 и IC11.

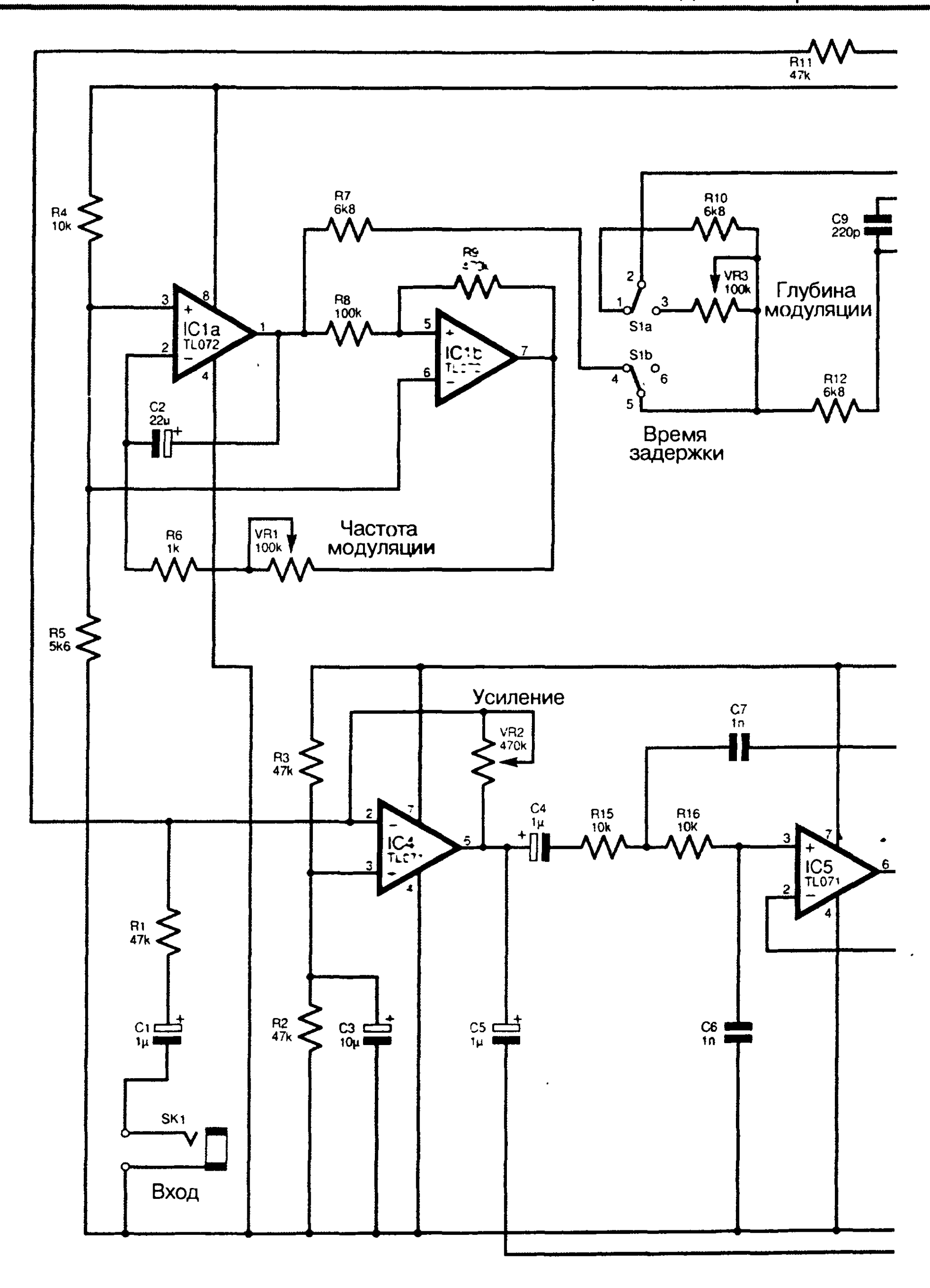

R11
47k
R4
10k
R7
6k8
R10
6k8
C9
220p
R9
R8
100k
VR3
100k
Глубина
модуляции
IC1a
TL072
IC1b
S1a
S1b
C2
22u
R12
6k8
Время
задержки
R6
1k
VR1
100k
Частота
модуляции
R5
5k6
Усиление
VR2
470k
C7
1n
R3
47k
C4
1µ
R15
10k
R16
10K
IC4
IC5
TL071
R1
47k
C1
1µ
R2
47k
C3
10µ
C5
1µ
C6
1n
SK1
Вход

Рис. 68.1 (1 из 2)

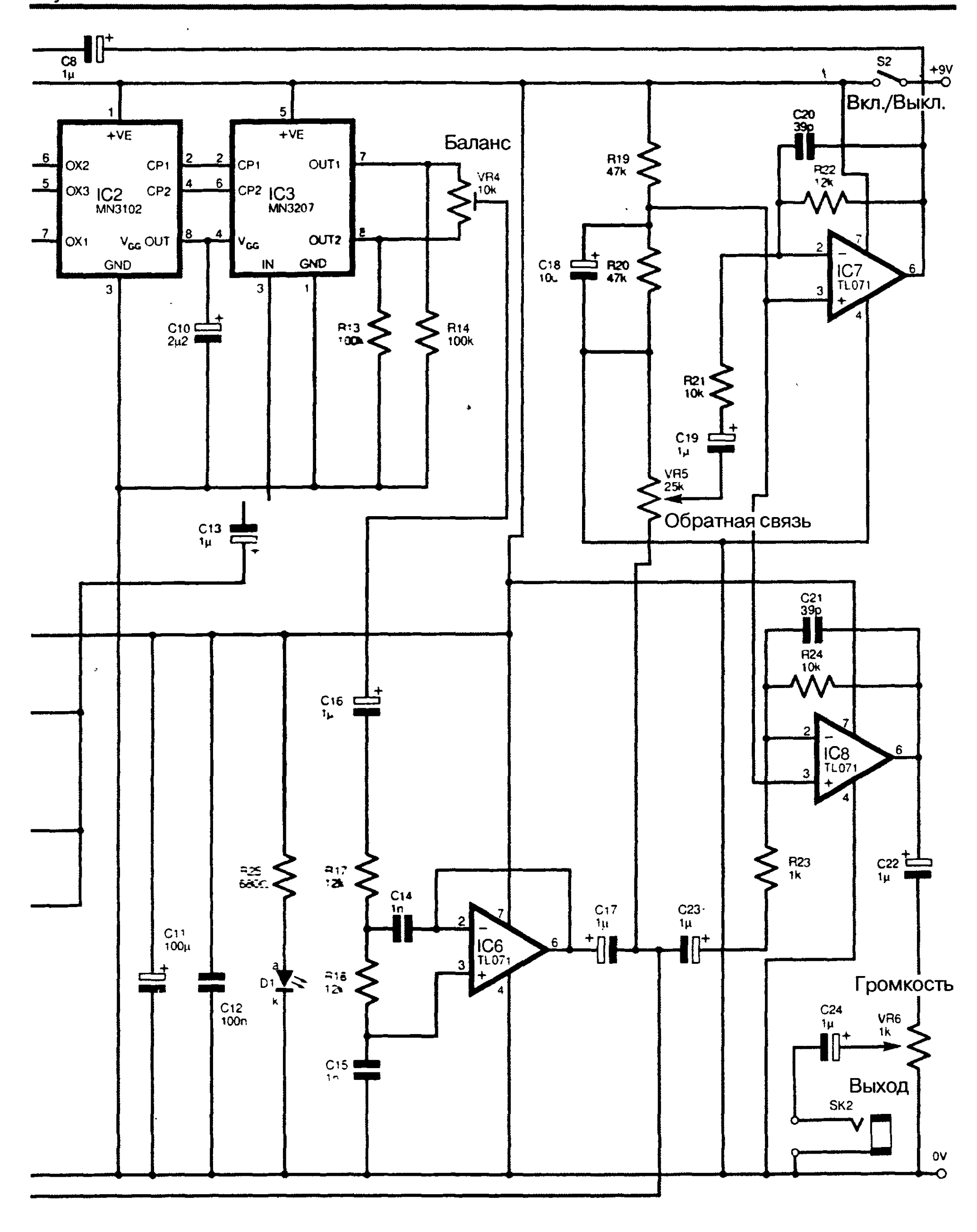
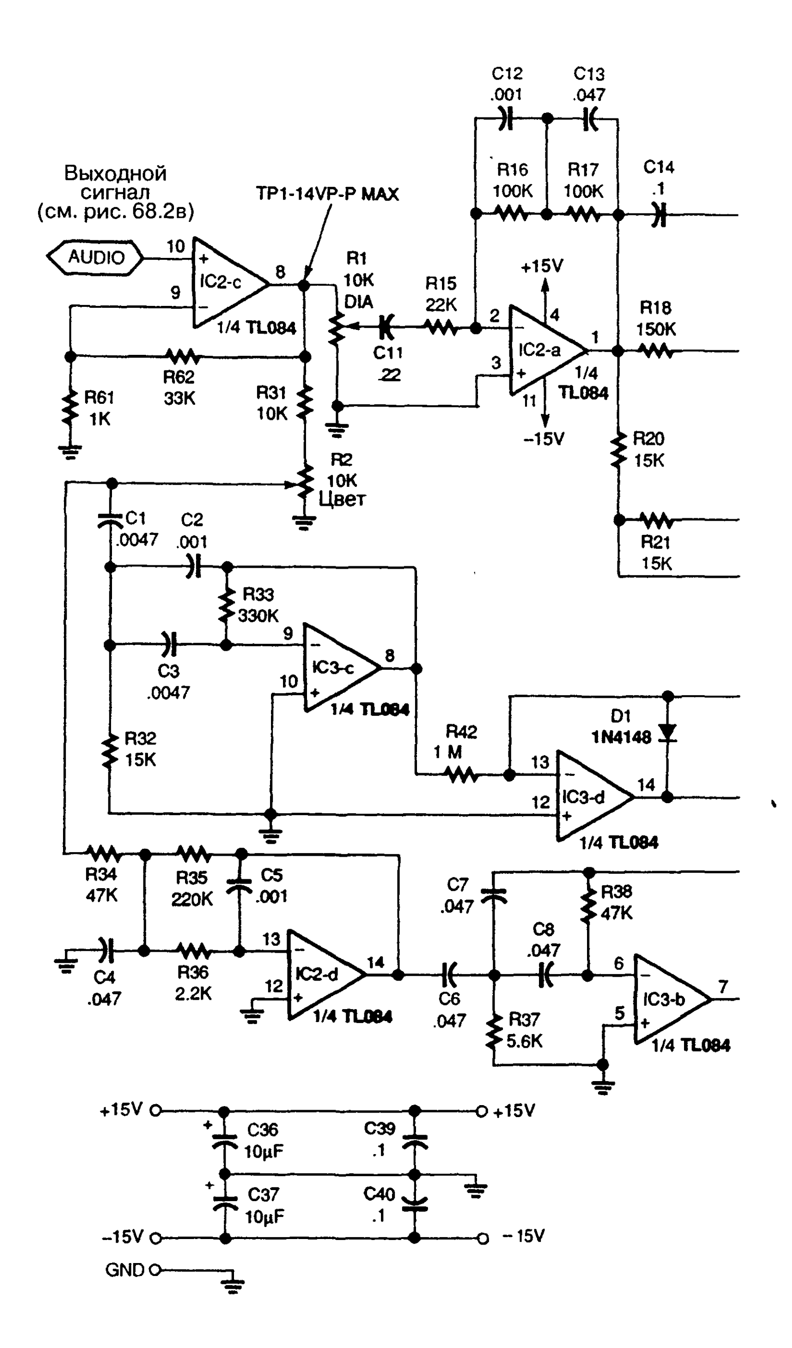

C8 1μ
S2
+9V
Вкл./Выкл.
IC2 MN3102
+VE
OX2
OX3
OX1
CP1
CP2
VGG OUT
GND
IC3 MN3207
CP1
CP2
VGG
IN
GND
OUT1
OUT2
Баланс
VR4 10k
C10 2μ2
R13 100k
R14 100k
C13 1μ
R19 47k
R20 47k
C18 10μ
C20 39p
R22 12k
IC7 TL071
R21 10k
C19 1μ
VR5 25k
Обратная связь
C21 39p
R24 10k
IC8 TL071
R23 1k
C22 1μ
C16 1μ
R17 12k
C14 1n
IC6 TL071
R18 12k
C15 1n
C17 1μ
C23 1μ
C11 100μ
C12 100n
D1
Громкость
C24 1μ
VR6 1k
Выход
SK2
0V

Рис. 68.1 (2 из 2)



Electronics Now

Рис. 68.2 (а) (1 из 2)

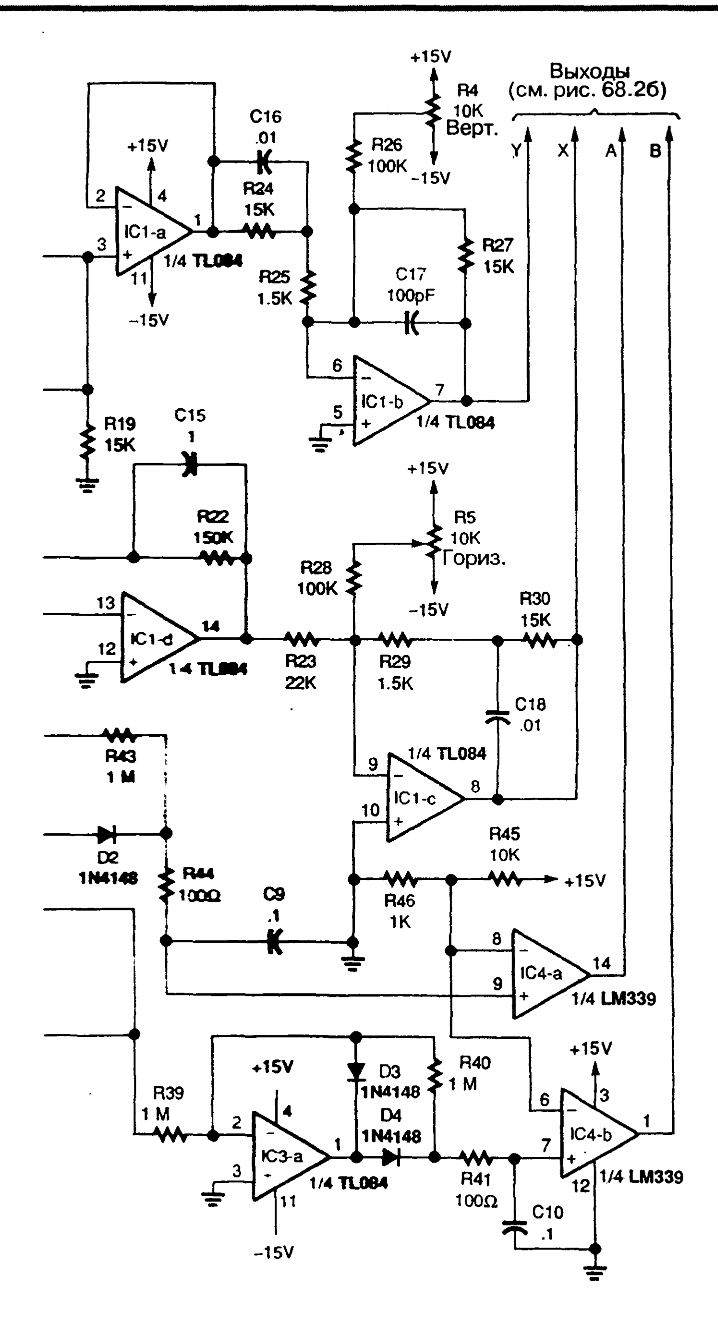
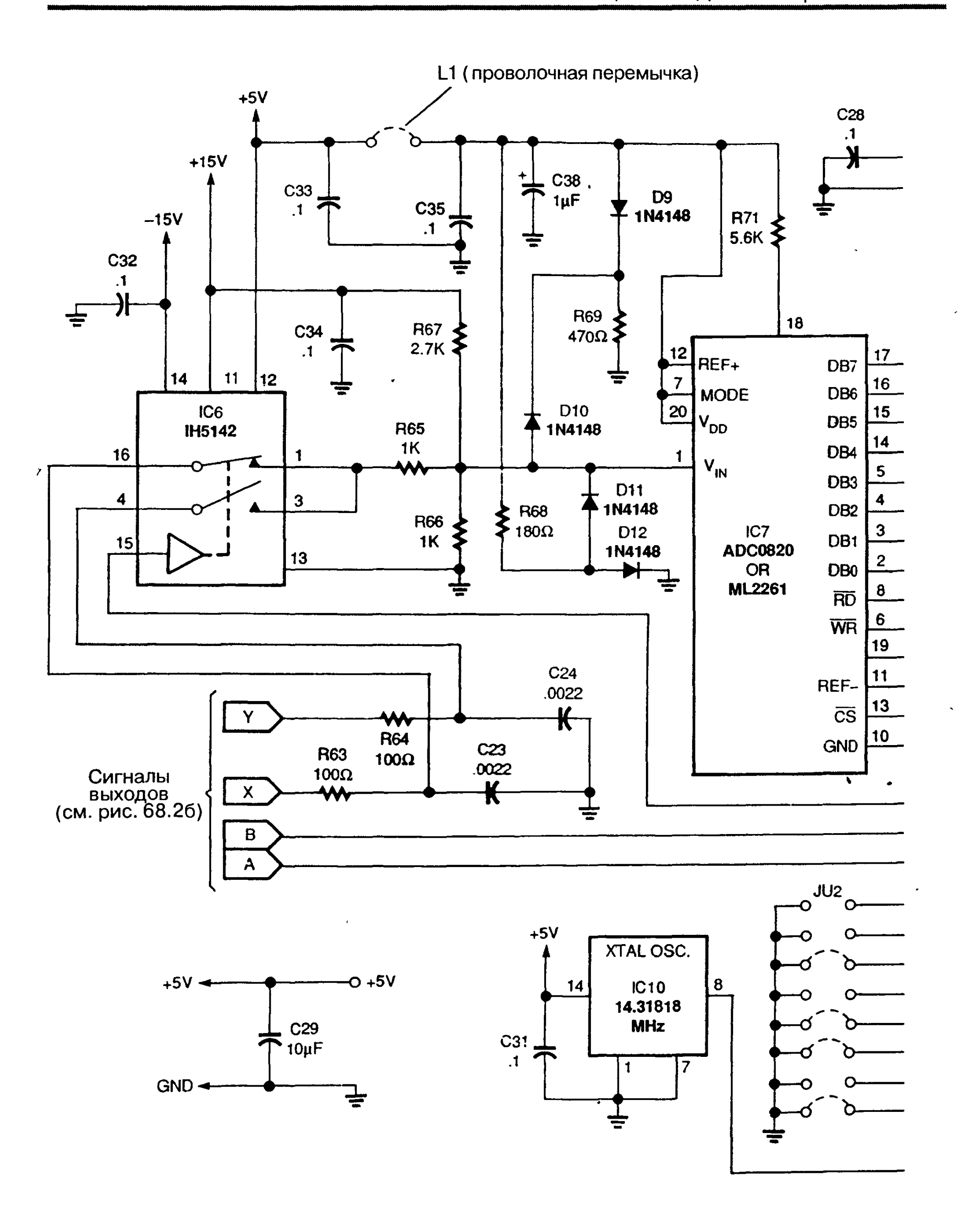


Рис. 68.2 (а) (2 из 2)



Electronics Now

Рис. 68.2 (б) (1 из 2)

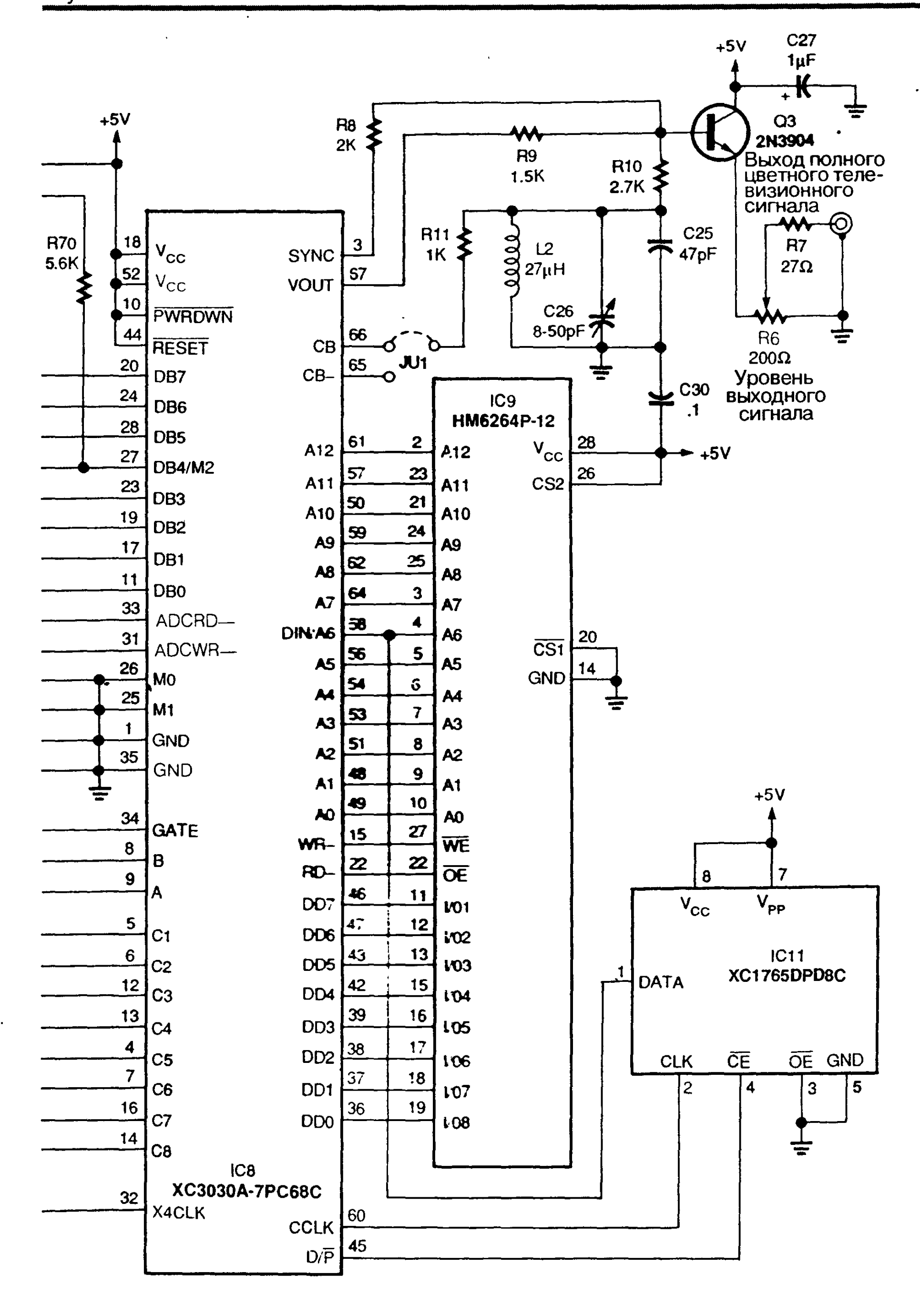


Рис. 68.2 (б) (2 из 2)

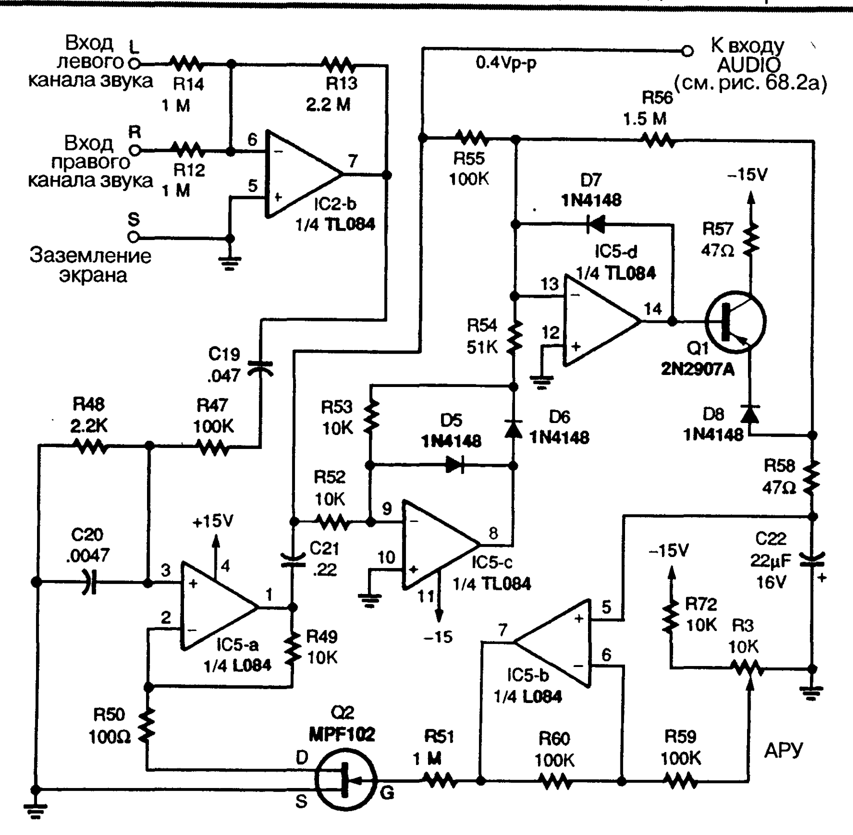
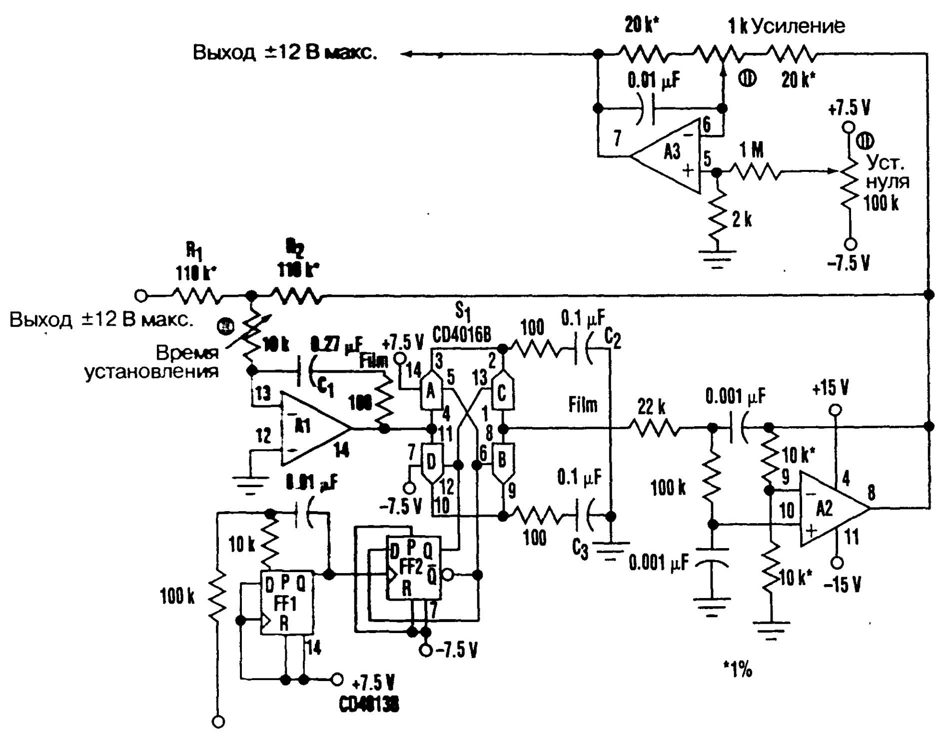

Вход левого канала звука
L
R14
1 M
R13
2.2 M
Вход правого канала звука
R
R12
1 M
S
Заземление экрана
IC2-b
1/4 TL084
0.4Vp-p
К входу AUDIO (см. рис. 68.2а)
R56
1.5 M
R55
100K
D7
1N4148
−15V
R57
47Ω
IC5-d
1/4 TL084
Q1
2N2907A
R54
51K
C19
.047
R48
2.2K
R47
100K
R53
10K
D5
1N4148
D6
1N4148
D8
1N4148
R58
47Ω
R52
10K
C20
.0047
+15V
C21
.22
IC5-c
1/4 TL084
C22
22μF
16V
−15
−15V
R72
10K
R3
10K
IC5-a
1/4 L084
R49
10K
IC5-b
1/4 L084
R50
100Ω
Q2
MPF102
R51
1 M
R60
100K
R59
100K
АРУ

Рис. 68.2 (в)

ГЛАВА 69
АНТИШУМОВЫЕ СХЕМЫ

СХЕМА ПОДАВЛЕНИЯ ФОНА НА ЧАСТОТЕ 60 ГЦ



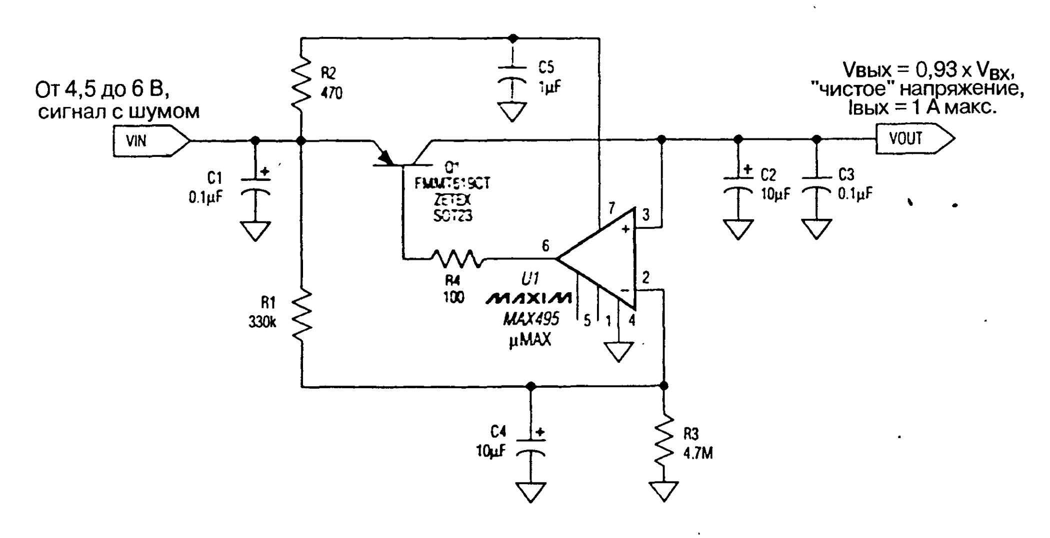
Electronic Design **Рис. 69.1**

Примечание. *Все операционные усилители – 1/4 LT1058.*

Эта аналого-цифровая схема синхронного усреднения используется в виде эффективного гребенчатого фильтра, который (теоретически) в бесконечной степени ослабляет сигнал на частоте 60 Гц. При этом его работа не зависит от точности подбора параметров элементов. Компоненты сигнала с частотами <20 Гц проходят через схему практически без изменений. В процессе работы микросхема A1

производит непрерывное интегрирование и инвертирование суммы входного сигнала и сигнала с выхода буферного усилителя A2. В зависимости от состояния триггера FF2 будут открыты ключи S1A и S1B или S1C и S1D. В связи с тем что FF2 переключается один раз в течение каждого периода частоты 60 Гц, то ОУ A1 будет всегда интегрировать разность между мгновенным входным напряжением и интегралом входного напряжения за предыдущий период. Передаточная функция процесса такого «покусо́чного» интегрирования характеризуется последовательностью пиков на частоте f (основная частота цикла интегрирования) и на всех целых частотах, кратных данной. Происходящее при этом сильное подавление шума гармоник не ограничивается допусками на значения компонентов. Однако время реакции фильтра на ступенчатый сигнал зависит от установки потенциометра P1. Вспомогательный инвертор A3 с единичным усилением устраняет инверсию сигнала, произведенную ОУ A1. Кроме того, в его схеме имеются потенциометры P2 и P3 для точной настройки полного коэффициента усиления фильтра и подстройки смещения нуля.

СХЕМА ПОДАВЛЕНИЯ ШУМА ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ В НАПРЯЖЕНИИ ПИТАНИЯ



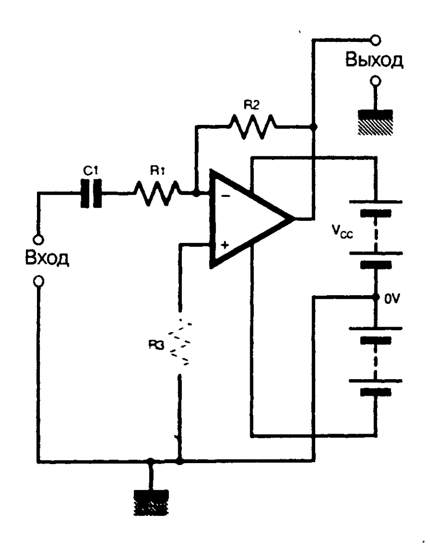
Maxim **Рис. 69.2**

Схема ослабляет на 40 дБ напряжение шума и пульсаций в диапазоне звуковых частот 100 Гц – 20 кГц. ИС представляет собой источник «чистого» напряжения величиной ~5 В для питания портативных устройств звукового диапазона, таких как сотовые телефоны и портативные мультимедиа-компьютеры (ноутбуки). Большинство линейных регуляторов подавляют шумы только до частоты ~1000 Гц, а применение пассивного фильтра нижних частот в малогабаритных устройствах нежелательно из-за его больших размеров. Предлагаемая схема имеет на входе

зашумленное напряжение в диапазоне 4,5–6 В и формирует «чистое» напряжение, величина которого уменьшена на 7%. Например, при использовании источника с номинальным напряжением 5 В она вырабатывает на выходе напряжение 4,65 В при токе 1 А, а ток покоя составляет всего лишь 200 мкА. Емкость самого большого конденсатора равна 10 мкФ, а резисторы могут иметь мощность 0,1 Вт (для поверхностного монтажа можно также применять резисторы размера 0805). Схема функционирует как широкополосный буферированный эмиттерный повторитель (не регулятор), постоянное напряжение на выходе которого на 7% ниже, чем на входе. Резисторы R1 и R3 образуют делитель, который задает уменьшение напряжения на 7%, а конденсатор C4 помогает сформировать на инвертирующем входе ОУ отфильтрованную реплику входного напряжения размером 93%. Малый входной ток смещения ОУ (типичное значение – 25 нА) позволяет использовать большие значения сопротивления для R1 и R3, ограничиваясь при этом максимальной погрешностью напряжения (всего лишь 20 мВ). В результате получается фильтр нижних частот с частотой среза 2 Гц, обеспечивающий на частоте 20 Гц ослабление 20 дБ.

ГЛАВА 70
СХЕМЫ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

СТАБИЛИЗАЦИЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ

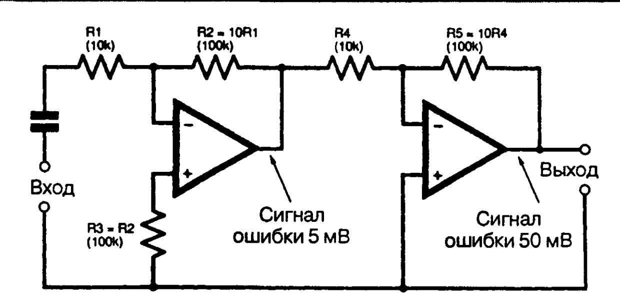


Everyday Practical Electronics **Рис. 70.1**

Включение блокировочного конденсатора C1 гарантирует, что отрицательная обратная связь по постоянному току будет максимальной.

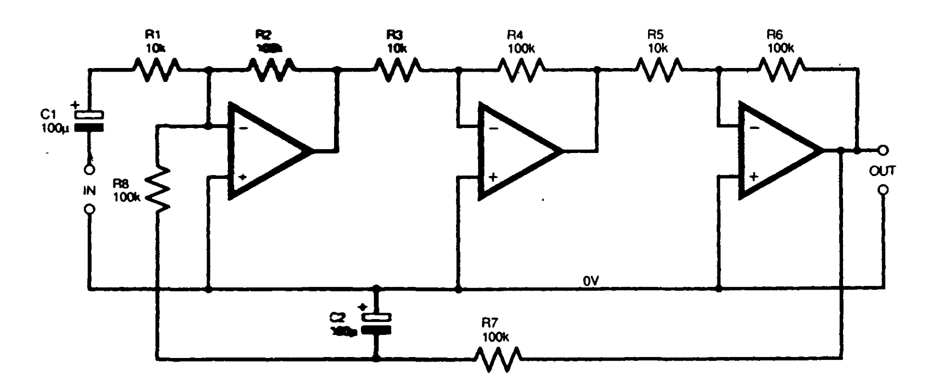
СВЯЗЬ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ И СМЕЩЕНИЕ

Использование связи по постоянному току между операционными усилителями поможет минимизировать влияние напряжения смещения на потенциал выхода.



Everyday Practical Electronics **Рис. 70.2**

ОБЩАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ПО ПОСТОЯННОМУ ТОКУ В СХЕМЕ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ



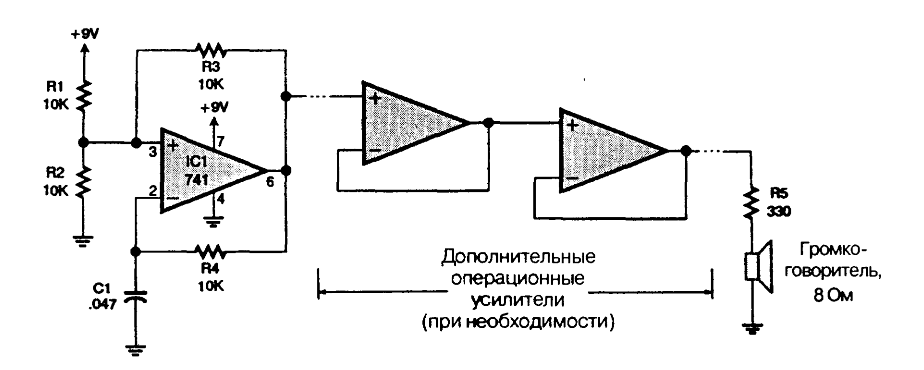
Everyday Practical Electronics **Рис. 70.3**

Обратная связь по постоянному току, объединяющая все усилители, стабилизирует этот составной усилитель в целом.

СХЕМА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Эта схема (рис. 70.4) осуществляет простейшую проверку операционного усилителя – «работает/не работает». Она представляет собой генератор, формирующий меандр частотой 1500 Гц, который прослушивается через громкоговоритель. Если посмотреть на форму выходного сигнала с помощью осциллографа, то можно

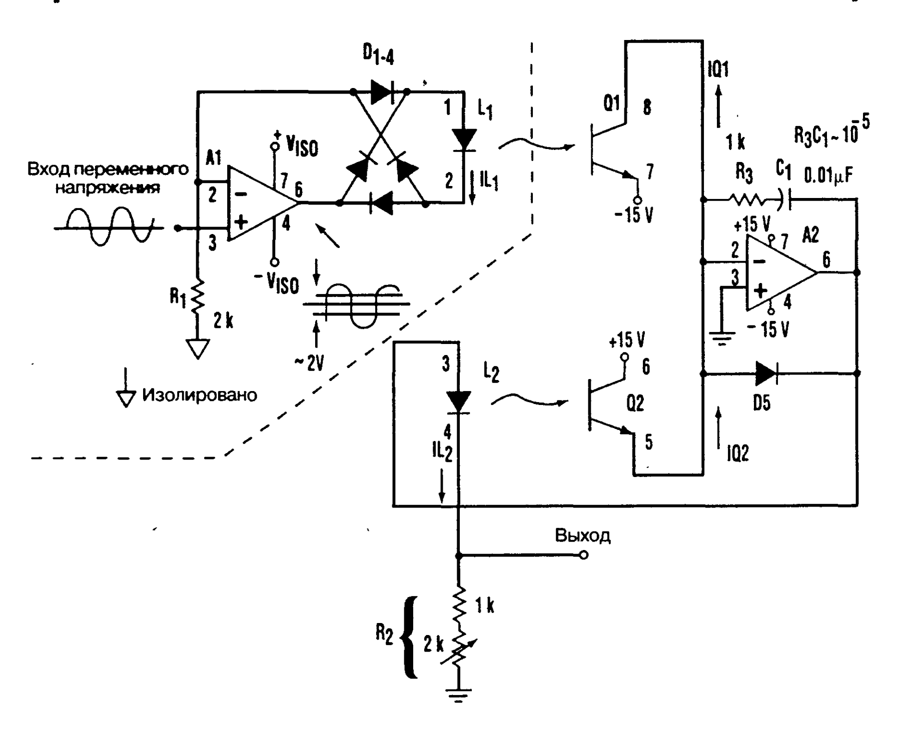
определить время его нарастания. Можно проверить одновременно несколько ОУ, если соединить их последовательно, как показано на схеме.



Electronics Now ***Рис. 70.4***

ГЛАВА 71
ОПТРОННЫЕ СХЕМЫ

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ С ОПТРОННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ



Electronic Design **Рис. 71.1**

Примечание.

A1 – A2 – LF355 или аналогичные; D1 – D5 – 1N4148;
L1 – Q1, L2 – Q2 – спаренный оптрон PS2501-2.

На приведенной схеме изолирующий усилитель и прецизионный выпрямитель выполнены в одной конструкции. При этом достигаются и превосходная симметрия выпрямления, и стабильность нуля, и хорошая линейность (лучше 1%), и частотная характеристика (>>10 кГц), и все это с минимальным использованием

прецизионных элементов. ОУ A1 применяется как преобразователь напряжение–ток, вырабатывая ток, проходящий через выпрямительный мост D1 – D4 и светодиод L1. Падение напряжения на сопротивлении R1 равно мгновенному входному напряжению. Благодаря двухполупериодному выпрямлению диодного моста, светодиод L1 всегда будет смещаться в прямом направлении, независимо от полярности входного напряжения. Величина этого смещения определяет интенсивность оптической связи между светодиодом L1 и фототранзистором Q1 и, следовательно, амплитуду тока коллектора транзистора Q1. ОУ A2 вырабатывает ток, проходящий через светодиод L2 и резистор R2 так, что ток, протекающий через Q2, компенсирует ток через Q1. Благодаря высокой идентичности элементов сдвоенного оптрона PS2501-2, между токами светодиодов L1 и L2 существует постоянное соотношение. Поэтому сопротивление R2 можно настроить таким образом, что выходное напряжение на R2 будет равно входному напряжению выпрямителя. Резистор R3 и конденсатор C1 используются для частотной компенсации петли обратной связи L2 – Q2. Диод D5 служит для предотвращения опасного обратного смещения светодиода L2.

МУЛЬТИПЛЕКСОР АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ С ОПТРОННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

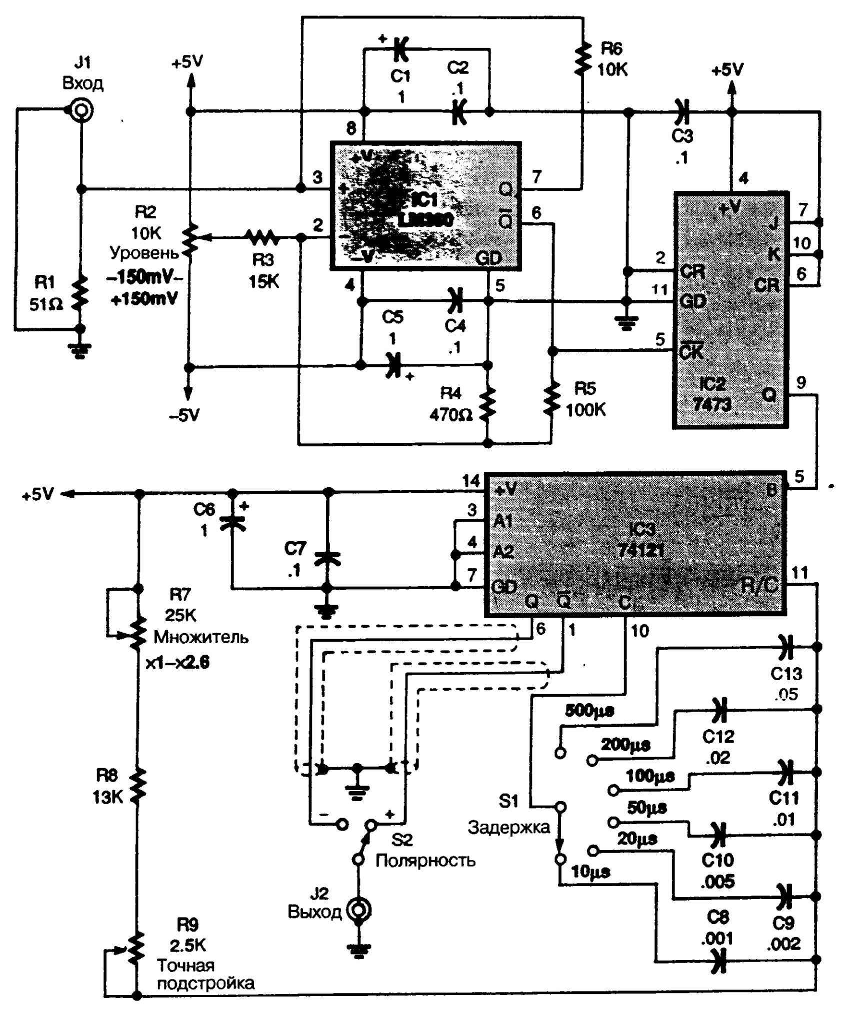
Предлагаемая схема (рис. 71.2) имеет три входа с оптронной изоляцией и может использоваться во многих прецизионных системах обнаружения сигнала. Для схемы требуется один источник питания напряжением 15 В, применяемый также и для питания АЦП. Операция мультиплексирования выполняется с помощью обычного 4-канального оптрона (PS2501-4). Каждый из светодиодов (например, E1) в комбинации с входным масштабирующим резистором R1 при подаче входного напряжения V_{IN} будет пропускать ток $I1 = (V_{IN} - V_{LED}) / (R1 - R_S)$, где V_{LED} – прямое падение напряжения на светодиоде, а R_S – внутреннее сопротивление источника сигнала. Сопротивление резистора R1 выбирается из условия задания максимального тока светодиода порядка 500 мкА. Если, например, предположить, что выбран первый канал, то результирующий фототок фототранзистора P1 будет стремиться понизить потенциал точки суммирования ОУ A1. При этом усилитель A1 сместит в прямом направлении светодиод E2, который станет излучать, и возникнет балансирующий фототок фототранзистора P2. Ток светодиода E2, необходимый для поддержания такого баланса, будет почти точно следовать за током I1, а напряжение на E2 приблизится к напряжению на E1. Ток, поступающий от ИС M1 на схему настройки коэффициентов усиления, пропорционален изменяющимся входным напряжениям. Поэтому он не зависит от падений напряжения на светодиодах.

Electronic Design

Рис. 71.2

ГЛАВА 72
СХЕМЫ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФОВ

БЛОК ЗАДЕРЖАННОЙ РАЗВЕРТКИ

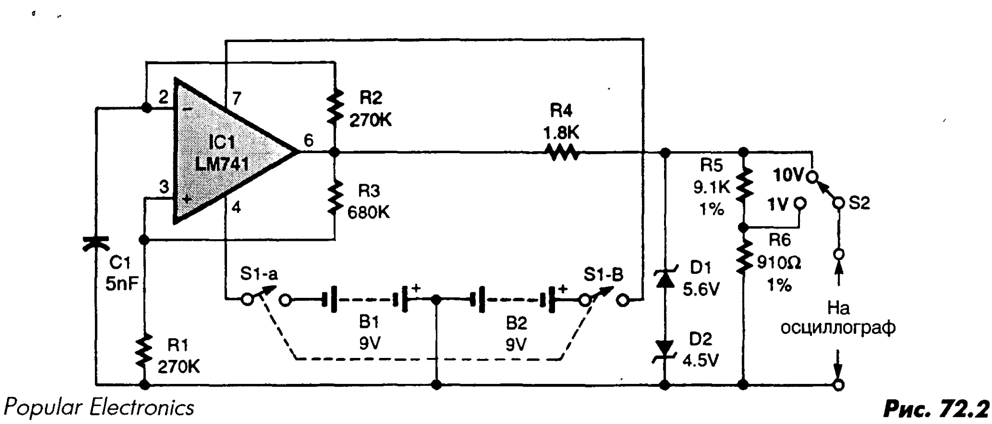


Popular Electronics **Рис. 72.1**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

На рис. 72.1 показана схема приставки к осциллографу для создания задержанной развертки. Схема подключается к двуполярному источнику питания на ±5 В. Главным элементом схемы является быстродействующий компаратор (IC1) типа LM360 с противофазными ТТЛ выходами. Регулировка уровня с помощью потенциометра R2 позволяет запускать схему на любом участке кривой наблюдаемого сигнала. При указанных значениях элементов схема хорошо работает с осциллографом V-212 фирмы Hitachi, для первого канала которого выходной сигнал составляет ~25 мВ на деление шкалы экрана. Если предположить, что в типичном случае изображение имеет размер примерно 6 делений, то регулятор уровня обеспечивает регулировку в диапазоне ±150 мВ. Данный диапазон можно изменить в соответствии с амплитудой выходного сигнала вашего осциллографа с помощью настройки отношения сопротивлений R3 (15 кОм) и R4 (470 Ом), сохраняя при этом отношение R5 (100 кОм) и R4 (470 Ом) для обеспечения достаточного гистерезиса. Резистор R1 (51 Ом) предназначен для согласования кабеля сопротивлением 50 Ом, приходящего от выходного разъема канала 1. ИС IC2 (сдвоенный ТТЛ JK-триггер типа 7473) соединена таким образом, чтобы делить входную частоту на 2. Поэтому продолжительность времени работы ИС IC3 (ждущий ТТЛ одновибратор типа 74121) будет равна полному периоду входного сигнала. Импульсный сигнал с выхода ИС IC3 подается на вход синхронизации осциллографа, при этом переключателем S2 выбирается «полярность» сигнала синхронизации, соответствующая выбранной на осциллографе. Потенциометр R9 предназначен для точной подстройки положения осциллограммы, а R7 позволяет увеличить выбранную длительность выходного импульса с коэффициентом умножения от 1 до >2,5. Переключатель S1 дает возможность выбрать нужную длительность импульса из последовательности 1–2–5 переключением конденсаторов от C8 до C13. Схема задержанной развертки рассчитана на работу от внешнего источника питания ±5 В, 100 мА, чтобы избежать наводок с частотой 60 Гц.

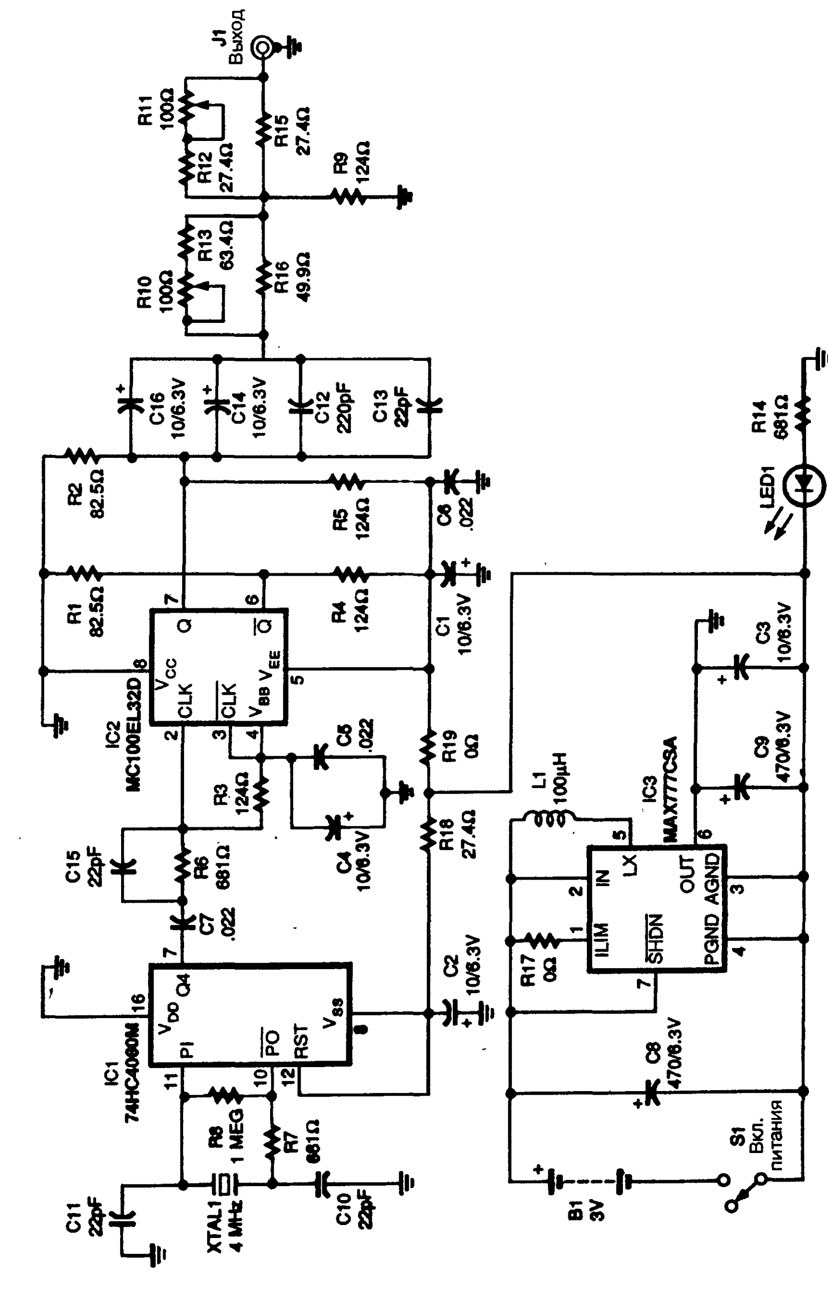
ПОРТАТИВНЫЙ КАЛИБРАТОР ОСЦИЛЛОГРАФА



Popular Electronics **Рис. 72.2**

Эту простую схему можно использовать для калибровки осциллографов или другого оборудования.

КАЛИБРАТОР ОСЦИЛЛОГРАФА



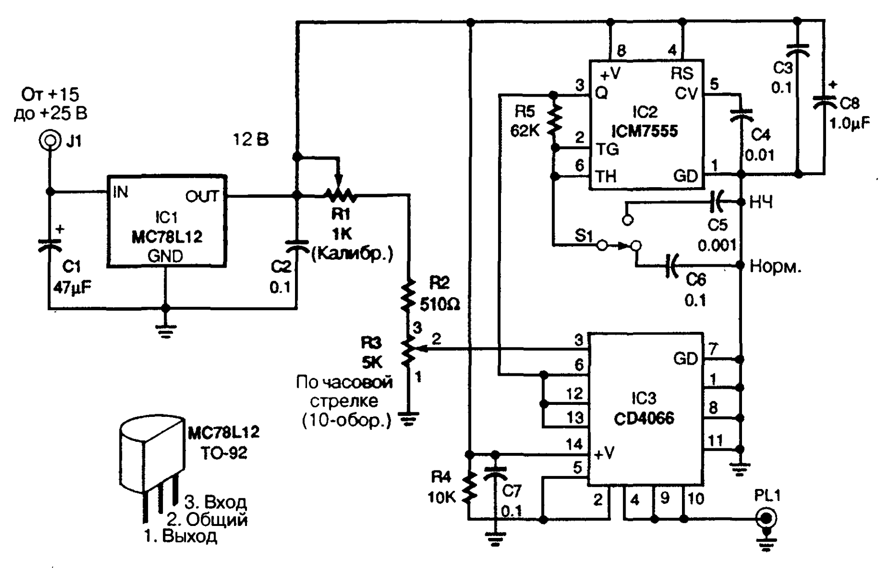
Electronics Now

Рис. 72.3

Примечание. *Номиналы конденсаторов, емкость которых превышает 1 нФ, указаны в микрофарадах (мкФ).*

Интегральная схема генератора/делителя частоты 74HC4060 (IC1) структуры HCMOS (комплементарная МОП структура с высокой плотностью компоновки) была выбрана в качестве задающего генератора. Выбор именно этой ИС позволил использовать недорогой кварцевый резонатор на 4 МГц. Сигнал с выхода ИС с коэффициентом деления 1:16, имеющий частоту 250 кГц, через цепь развязки и смещения уровня (C7, C15 и R6) подается на IC2, ИС типа MC100EL32 фирмы Motorola (ЭСЛ триггер – делитель на 2). Резистор R3 предназначен для задания необходимого смещения на вход 2 ИС IC2, а также для уменьшения амплитуды выходного сигнала IC1 до номинального уровня входных сигналов ЭСЛ схем. Номинальное время переключения для обоих выходов ИС MC100EL32 составляет не более 350 пс (0,35 нс), а уровни выходных сигналов имеют температурную компенсацию. В результате деления частоты сигнала на 2 получается сигнал с частотой 125 кГц и размахом ~800 мВ, который подается на схему подстройки амплитуды и на выходной каскад. На выходе ИС IC2 включена нагрузка, состоящая из двух пар резисторов R1, R4 и R2, R5. При указанных значениях элементов напряжение на эквивалентной нагрузке составляет примерно –2 В, а сопротивление нагрузки равно 50 Ом. Выходной сигнал IC2 через C12, C13, C14 и C16 передается на схему регулируемого Т-образного аттенюатора. Такая комбинация конденсаторов связи используется для того, чтобы передать быстро нарастающие фронты сигнала (C12 и C13) и в то же время не допустить снижения его амплитуды на основной частоте 125 кГц (C14 и C16).

СХЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАЛИБРОВАННОГО СИГНАЛА



Electronic Experimenters Handbook **Рис. 72.4**

Примечание. *Номиналы неэлектролитических конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Схема предназначена для создания метки напряжения на экране осциллографа. Напряжение питания схемы 15–25 В может быть получено от батарей или от настенного сетевого адаптера на 15 В. Регулятор напряжения (IC1) типа MC78L12 вырабатывает стабилизированное напряжение питания 12 В для всей схемы. ИС таймера IC2 (типа ICM7555) управляет ИС IC3 типа CD4066B (КМОП двунаправленный переключатель). Частота управляющего сигнала может принимать нормальное значение (Норм.) 100 кГц или пониженное (НЧ) 10 кГц для частот входного сигнала ниже 500 Гц. Опорный уровень постоянного напряжения, задаваемый на выводе 3 ИС IC3, устанавливается 10-оборотным прецизионным потенциометром R3 с сопротивлением 5 кОм. Значение напряжения можно считывать прямо с круговой шкалы (со счетчиком числа оборотов, связанным непосредственно с движком потенциометра). Точность такого отсчета может достигать 1% и выше. Подстроечный потенциометр R1 позволяет установить на R3 напряжение, равное точно 10 В. Схема калибруется с помощью установки цифрового отсчета счетчика числа оборотов потенциометра R3 в крайнее правое положение (при максимальном повороте по часовой стрелке) и регулировки R1 до получения на движке R3 напряжения 10 В (при измерении его цифровым вольтметром). Симметричный переключатель IC3 преобразует это постоянное контрольное напряжение в прямоугольный сигнал с амплитудой, точно равной напряжению на движке R3. Данный выходной прямоугольный сигнал поступает с выходов 4, 9 и 10 микросхемы IC3 на коаксиальный разъем PL1.

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ КОММУТАТОР ВХОДА ОСЦИЛЛОГРАФА

Входной каскад коммутатора представляет собой переключающий усилитель, построенный на основе двух компараторов ИС LM319 (IC1-a и IC1-b). На вход этого усилителя (гнездо J1) подается сигнал с выходного гнезда первого канала осциллографа. Полярность входного сигнала выбирается переключателем S1, и сигнал подается через конденсатор C3 на вход ИС мультивибратора (IC2). Через C3 отрицательный импульс запускает IC2 (ИС КМОП таймера типа TLC555). С помощью переключателя S2 производится выбор требуемого диапазона – миллисекунды или микросекунды, а переключателем S3 задается полярность выходного сигнала. Транзисторы Q1 и Q2 образуют быстродействующий каскад инвертирования выходного сигнала с временем задержки менее 10 нс. Выходной сигнал после переключателя S3 имеет величину ±5 В, достаточную для получения превосходного контраста при модуляции яркости и для устойчивой синхронизации в режиме задержанной развертки. Стабильный входной ток на C4 и C5 поступает с коллектора транзистора Q3 типа 2N5117, представляющего собой согласованную пару pnp-транзисторов, выполненных в одном корпусе. ОУ IC3 типа LF356 соединен как неинвертирующий усилитель. Транзистор Q3 представляет собой модифицированное «токовое зеркало», которое разгружает относительно медленный ОУ, позволяя при этом второй половине Q3 реализовать ее высокое быстродействие в динамическом режиме. На обоих наборах эмиттерных резисторов (R20 – R25) образуется опорное напряжение, которое создает постоянный

Вход
J1
R1 51Ω
IC1-a LM319
IC1-b LM319
R2 470Ω
R3 120K
R4 15K
R5 470Ω
R6 10K
Уровень запуска
R7 470Ω
TP1
TP2
TP3
TP4
TP5
TP6
TP7
S1
C1 0.1
C2 47μF
D1 1N4001
D2 1N4001
C3 100pF
D3 1N4148
R8 10K
IC2 TLC555
C4 0.001
C5 1.0μF
S2 Диапазон
(Прим. 1)
C6 0.01
C7 0.1
C8 1.0μF
R11 680Ω
D4 1N4148
D5 1N4148
R9 5.6K
R10 5.6K
C9 56pF
C10 56pF
Q1 2N3906
Q2 2N3904
R12 680Ω
S3 Полярность выходного сигнала
R13 1K
J2
R14 680Ω
LED1
R15 100Ω (Калибр.)
R16 4.02K
R17 100Ω
R18 1K
R19 180Ω
(Прим. 2)
По часовой стрелке
C11 100pF
D6 1N751A 5.1V
IC3 LF356
C13 .01
C14 1.0μF
S4 Диапазон
S4-a
S4-b
R20 100Ω
R21 1.0K
R22 10K
R23 10K
R24 1.0K
R25 100Ω
R26 25K
R27 100Ω
R28 1K
IC4 LF356
C12 100pF
D7 1N749A 4.3V
Q3 2N6117
(См. перечень элементов)
Q3 Вид сверху
+5V
–5V

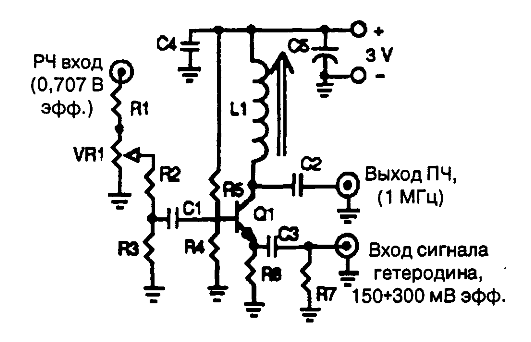
Рис. 72.5

зарядный ток конденсаторов C4 и C5. Двумя секциями переключателя S4 (S4a и S4b) производится выбор диапазона 1, 10 или 100 с учетом положения переключателя S2 (миллисекунды или микросекунды). Стабилитроны D6 и D7 обеспечивают работу выходных цепей операционных усилителей в линейном режиме. Потенциометр R18 (1 кОм, 10-оборотный) выполняет функцию множителя диапазона.

Примечание.

C5 = 1000 (C4 + 30 пФ);
R17 = R18/10 + 2 Ом;
TP – контрольные точки.

СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФА



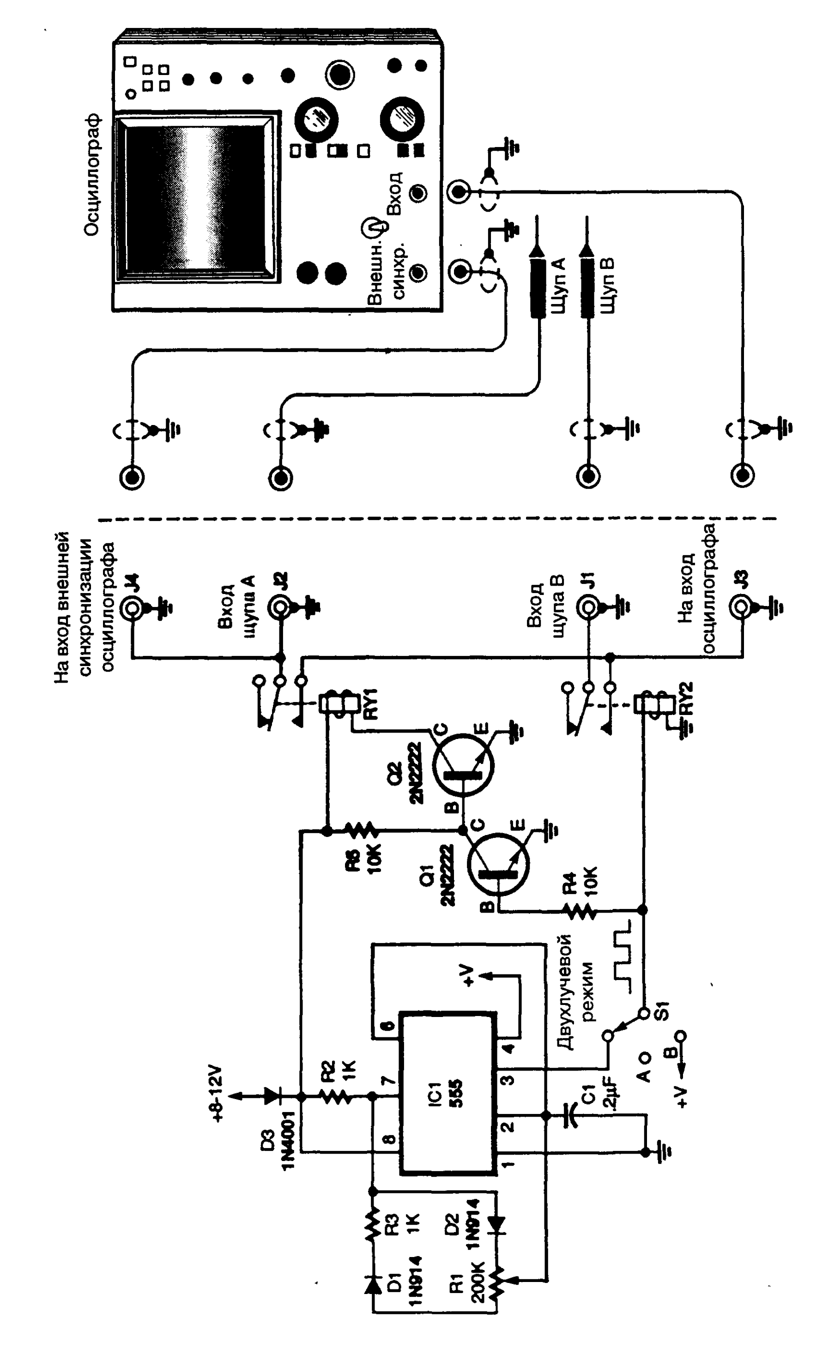
73 Amateur Radio Today **Рис. 72.6**

Эта схема позволяет использовать НЧ осциллограф для наблюдения ВЧ сигналов. Сигнал, который нужно исследовать, смешивается с сигналом гетеродина (отличающимся от него по частоте на ~1 МГц), и выходной сигнал промежуточной частоты наблюдается на экране осциллографа.

Таблица 72.6. Перечень элементов

R1	75 Ом
R2	910 Ом
R3, R7	51 Ом
R4, R6	1 кОм
R5	4,7 кОм
VR1	200 Ом, линейный
C1, C2, C3	0,001 мкФ
C4	0,1 мкФ
C5	10 мкФ
L1	Штыревая ферритовая антенна для радиовещательного диапазона (типа PC-70A по каталогу Antique Electronic Supply Cat. или аналогичная)

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ ОСЦИЛЛОГРАФА



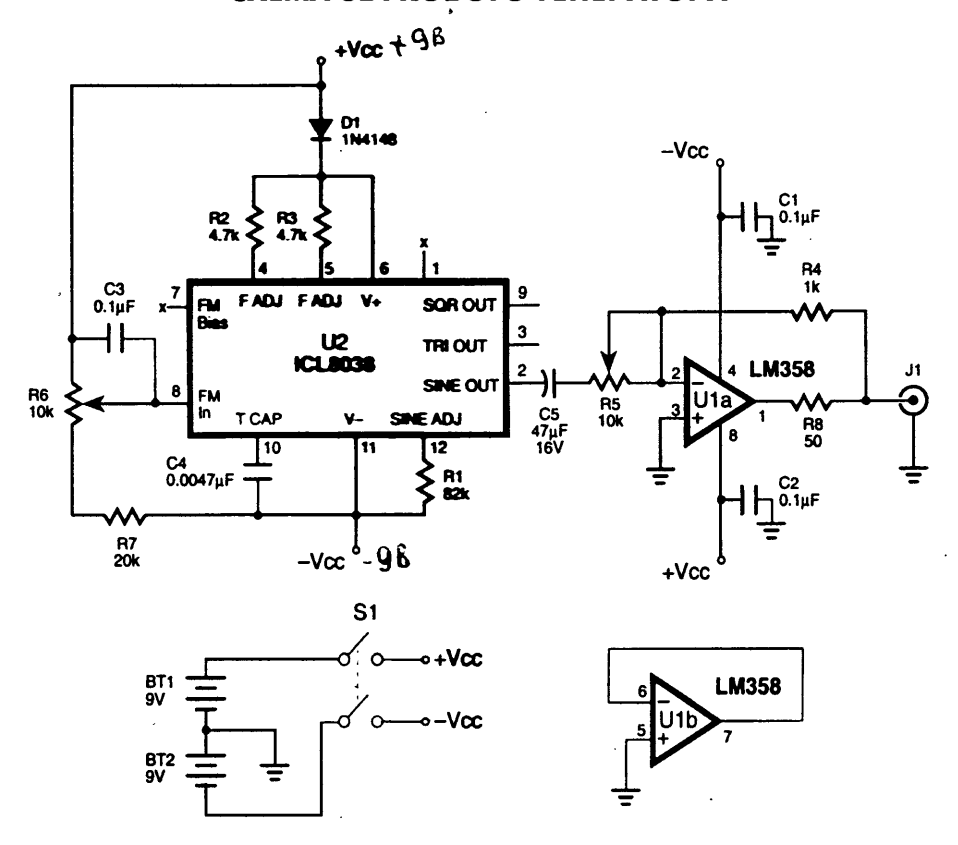
Electronics Now

Рис. 72.7

На рис. 72.7 показана схема для переключения щупов осциллографа. Два однополюсных язычковых реле, RY1 и RY2, поочередно подключают сигнал от двух щупов на вход одного осциллографа. Язычковые реле обеспечивают мягкое бесшумное переключение. Входные контакты реле подсоединены к измерительным щупам, а входные разъемы подключены к одноканальному входу осциллографа. ИС таймера IC1 типа 555 работает как генератор прямоугольных импульсов с регулируемым коэффициентом заполнения. Потенциометр R1 позволяет изменять коэффициент заполнения с целью компенсации возможных разбросов времени срабатывания различных реле. Этот потенциометр настраивается так, чтобы получить одинаковую яркость изображений сигналов, наблюдаемых на экране осциллографа. Если реле хорошо работают при коэффициенте заполнения, равном 50%, то потенциометр можно заменить двумя фиксированными резисторами, соединенными последовательно, точка соединения которых подключается к выводу 2 ИС IC1. При указанных на схеме значениях элементов частота выходного сигнала таймера составляет ~30 Гц. Переключатель S1 позволяет наблюдать каждую из осциллограмм отдельно. Когда S1 подсоединяет вывод 3 IC1 к катушке реле RY2 и к резистору R4, видны обе осциллограммы. Когда S1 подключает напряжение +V к катушке реле RY2 и к резистору R4, виден только сигнал канала B, а при среднем положении переключателя отмечается только сигнал канала A.

ГЛАВА 73
СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРОВ ЗВУКОВОГО ДИАПАЗОНА

СХЕМА ЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА



Nuts and Volts **Рис. 73.1**

Очень компактный генератор звуковых частот можно построить на основе ИС ICL8038 фирмы Harris Semiconductors. Эта микросхема генератора сигналов специальной формы является уникальной, так как она вырабатывает выходные

сигналы трех видов: синусоидального, треугольного и прямоугольного. Частота выходного сигнала может изменяться от 0,01 Гц до 300 кГц, а искажения синусоидального сигнала не превышают 1%. Представленная схема показывает пример применения этой ИС для построения малогабаритного генератора звуковой частоты в диапазоне 500 Гц – 1,5 кГц с регулируемой амплитудой и с батарейным питанием. Частота колебаний генератора задается резисторами R2, R3 и конденсатором C4. Выходной сигнал генератора с ИС U2 через C5 передается на ОУ U1, который используется как буфер и вместе с тем обеспечивает регулировку амплитуды выходного сигнала с помощью потенциометра R5. Регулировка частоты осуществляется потенциометром R6. В качестве двуполярного источника питания применяются две батареи с напряжением 9 В.

ТРЕХТОНАЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР

Этот генератор построен на основе логических элементов ТТЛ. Частота генерации одной из трех звуковых частот зависит от состояния двух входных линий управления. Схема состоит из двух стандартных звуковых ТТЛ генераторов, соединенных за счет использования ТТЛ ИС типа 7400. Состоянием выходов управляют входные сигналы A и B. Когда на входах низкий логический уровень, сигнал на выходе отсутствует. Если на один из входов поступает логическая единица, то включается генератор высокого тона (вход A) или низкого (вход B). Когда логическая единица поступает на входы A и B, то включаются оба генератора и генерируемый тон будет занимать среднее положение между высоким и низким. С помощью диода типа 1N914, включенного последовательно с резистором 1 кОм, достигается симметрирование импульсного сигнала. Фильтр нижних частот, включенный на выходе, предназначен для удаления гармоник и «смягчения» звука.

Таблица 73.2

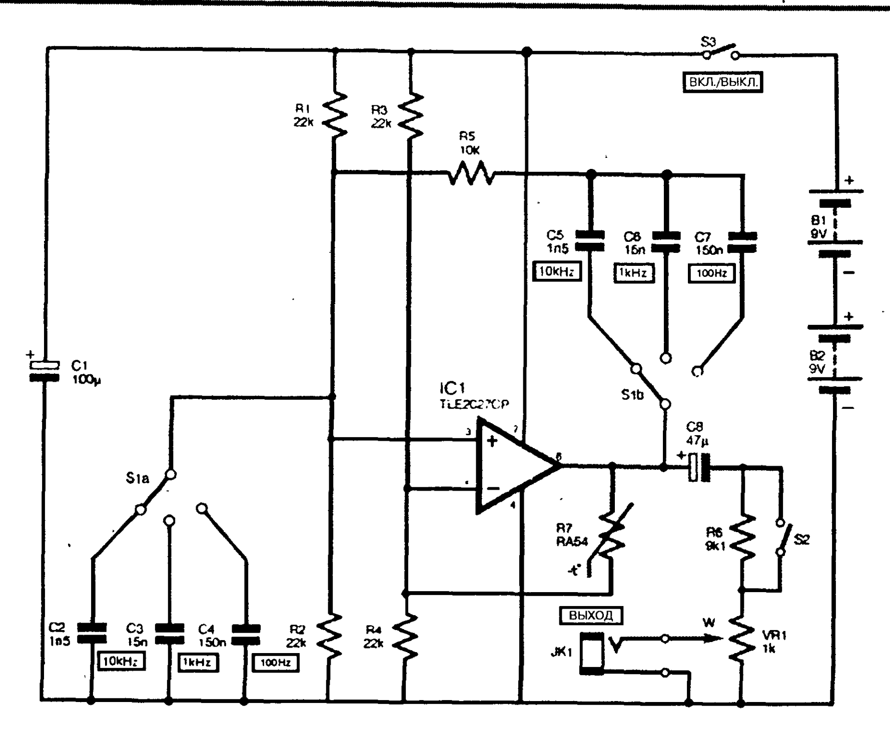
Состояние входов		Сигнал на выходе, Гц
A	B	
0	0	Нет сигнала
0	1	1300
1	0	2700
1	1	2000

ТРЕХЧАСТОТНЫЙ ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

На рис. 73.3 показана полная схема генератора синусоидального звукового сигнала. Резисторы R1 и R2 задают смещение неинвертирующего входа (вывод 3) ОУ IC1, а их эквивалентное сопротивление образует один из элементов мостовой

Electronics Design

Рис. 73.2

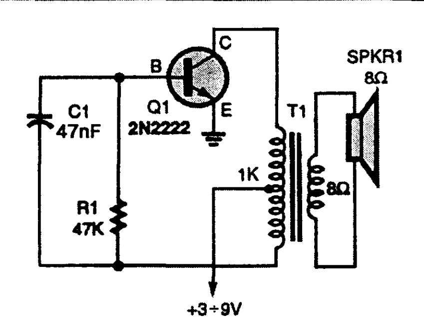


Everyday Practical Electronics **Рис. 73.3**

схемы генератора Вина. Вторым резистором моста Вина является R5. Три переключаемых пары конденсаторов (C2 – C7) определяют три различных выходных частоты генератора. Резисторы R3 и R4 задают смещение инвертирующего входа (вывод 2) IC1, а их эквивалентное сопротивление работает также в качестве одного из элементов цепи отрицательной обратной связи. Вторым элементом этой цепи является терморезистор R7. В данном случае наиболее подходит терморезистор типа RA53, но в схеме применен RA54 (ввиду его меньшей стоимости). Потенциометр VR1 служит регулятором выходного сигнала. При размыкании ключа S2 выходной сигнал ослабляется за счет резистора R6 на ~20 дБ. Если нужно получить ослабление ~40 дБ, то следует увеличить сопротивление R6 до 100 кОм.

ПРОСТОЙ ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРА

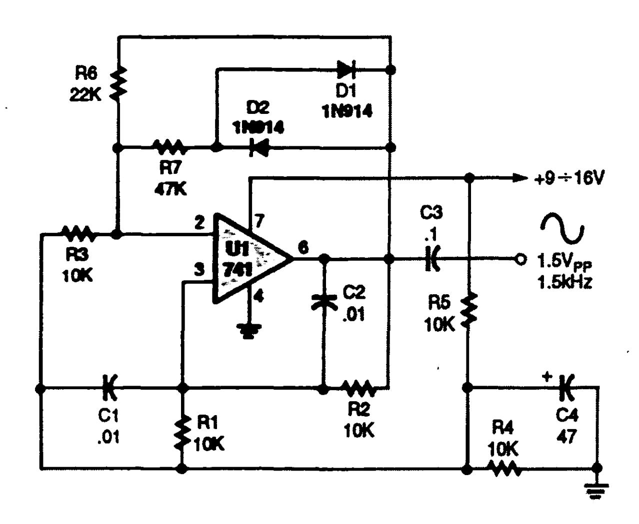
В схеме генератора применяется выходной трансформатор для транзисторных схем УНЧ. Он одновременно используется как коллекторная нагрузка транзистора Q1, подает сигнал обратной связи на его базу, а также через свою выходную обмотку выдает сигнал на громкоговоритель. Резистор R1 обеспечивает смещение



Popular Electronics **Рис. 73.4**

транзистора по постоянному току, а конденсатор C1 создает путь для переменного тока от трансформатора на базу транзистора Q1. Можно изменять величины C1 и R1 для изменения уровня выходного сигнала генератора и его тона, но не следует слишком сильно уменьшать R1, иначе ток транзистора может стать слишком большим.

ГЕНЕРАТОР ПО СХЕМЕ МОСТА ВИНА



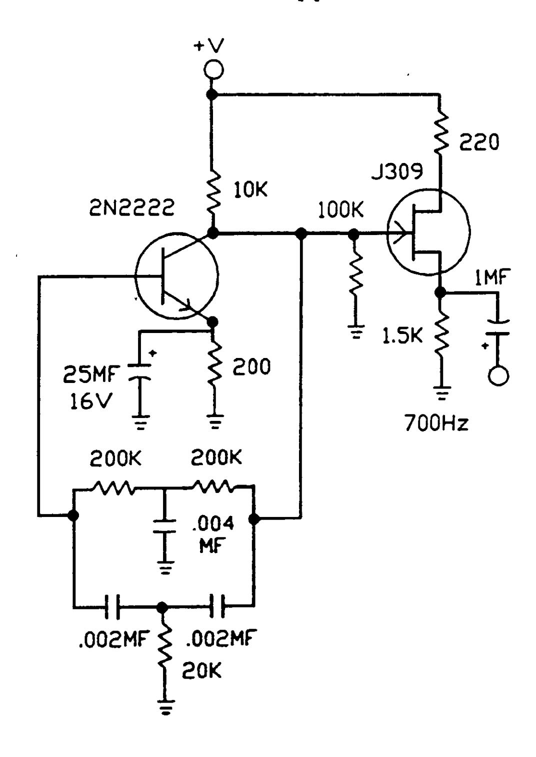
Popular Electronics **Рис. 73.5**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

В схему звукового генератора синусоидального сигнала с мостом Вина включен ОУ типа 741. Рабочая частота генератора определяется конденсаторами C1 и C2 и резисторами R1 и R2. При использовании термостабильных конденсаторов и металлопленочных резисторов частота генерации получается достаточно стабильной

и такой генератор можно применять для контроля частоты. Подобный генератор с фиксированной частотой нетрудно преобразовать в перестраиваемый генератор, если вместо резисторов R1 и R2 использовать сдвоенный линейный потенциометр. Для перекрытия различных частотных диапазонов нужно подключать соответствующие подобранные конденсаторы C1 и C2. Бóльшие значения емкостей конденсаторов соответствуют более низким частотам, а меньшие значения – более высоким.

ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ ДВОЙНОГО Т-МОСТА

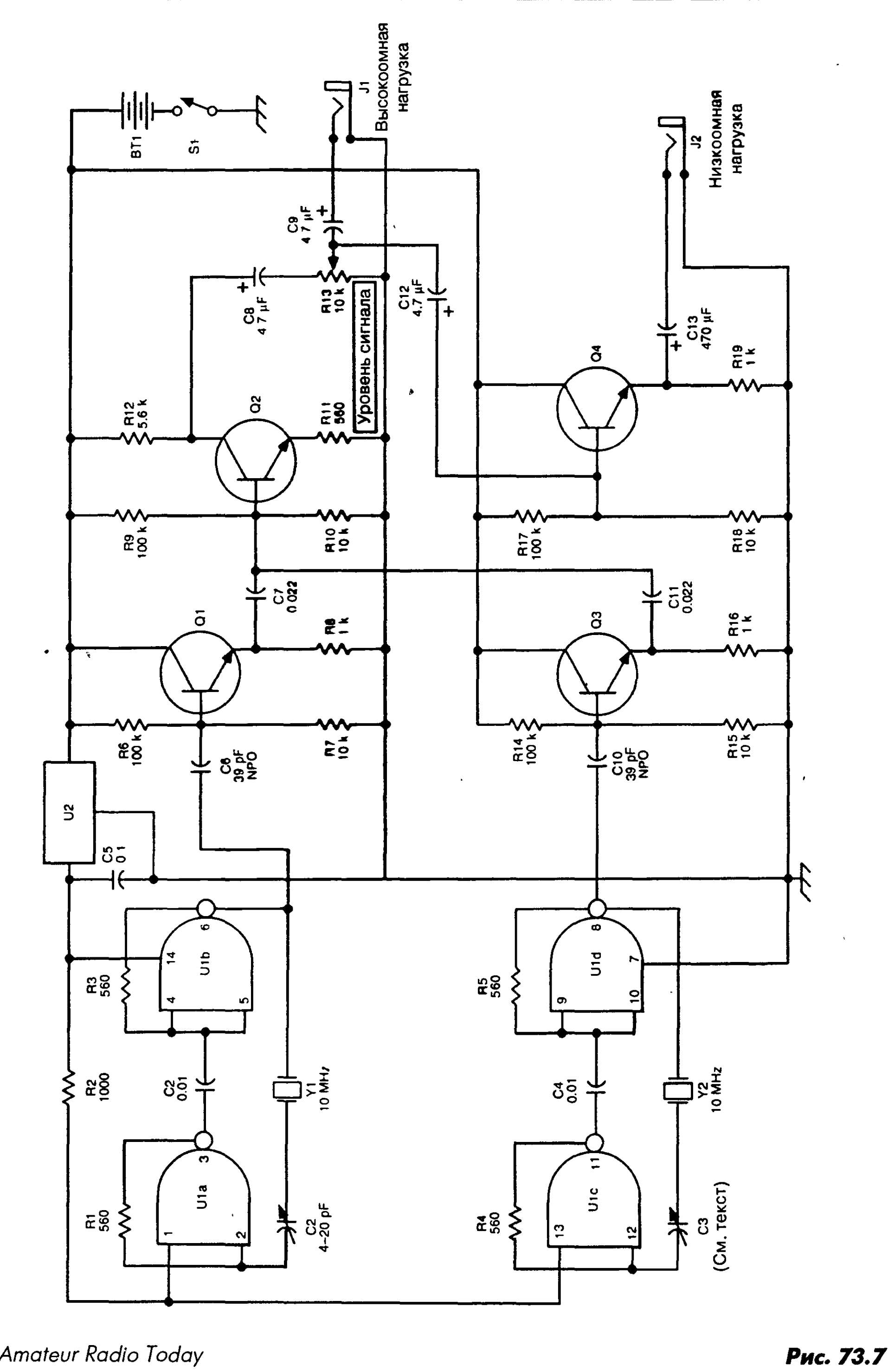


73 Amateur Radio Today **Рис. 73.6**

В схеме генератора на основе двойного Т-моста использован транзистор 2N2222. Каскад на полевом транзисторе играет роль буфера.

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ

В этой схеме (рис. 73.7) два сигнала от кварцевых генераторов, работающих на почти одинаковых частотах, смешиваются в транзисторе Q2, далее применяется разностная частота, располагающаяся в звуковом диапазоне. C3 – это небольшой подстроечный конденсатор с воздушным диэлектриком, на котором можно

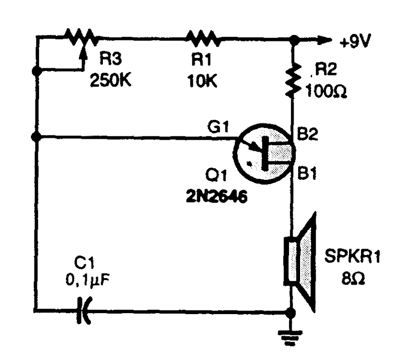


73 Amateur Radio Today

Рис. 73.7

установить шкалу с отметками генерируемой звуковой частоты. Конденсатор C2 используется для предварительной установки частоты неперестраиваемого генератора точно на 10 МГц.

ГЕНЕРАТОР НА ОДНОПЕРЕХОДНОМ ТРАНЗИСТОРЕ

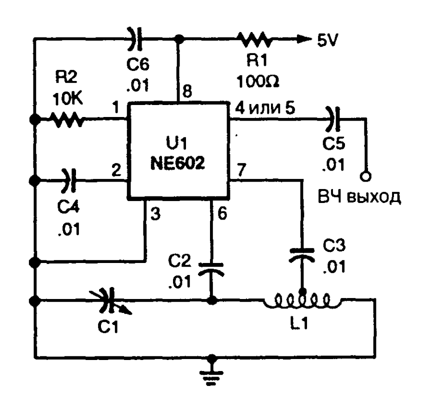


Popular Electronics **Рис. 73.8**

При включении питания схемы конденсатор C1 начинает заряжаться через резисторы R1 и R3. Когда напряжение на конденсаторе достигает порогового напряжения затвора (G1) однопереходного транзистора (обычно оно составляет 0,5–0,8 от напряжения питания), динамическое сопротивление между базами B2 и B1 резко падает до очень малого значения. Конденсатор C1 разряжается через переход эмиттер–база и громкоговоритель сопротивлением 8 Ом. Частота колебаний генератора на однопереходном транзисторе определяется величинами C1, R1 и R3.

ГЛАВА 74
СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРОВ – ГЕНЕРАТОРЫ ХАРТЛИ

ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ ЧАСТОТОЙ НА ИС NE602



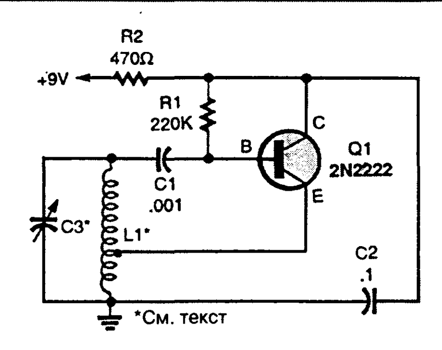
Popular Electronics **Рис. 74.1**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

В этой схеме катушка L1 имеет отвод на расстоянии 1/3–1/4 от заземленного конца. Индуктивность катушки выбирается равной порядка 10/f (МГц), а емкость конденсатора устанавливается такой, чтобы обеспечить резонанс на требуемой частоте.

ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ

Рабочая частота генератора определяется параметрами L1 и C3, уровень обратной связи – расположением отвода катушки L1, который обычно отделяет от 1/5 до 1/4 от общего числа витков. Например, генератор Хартли будет работать в диапазоне 5 МГц при следующих параметрах L и C: катушка L1 – 20 витков эмалированного медного провода в плотной намотке на пластмассовом каркасе диаметром ~25 мм с отводом от 5 витков, считая от нижнего вывода. В качестве

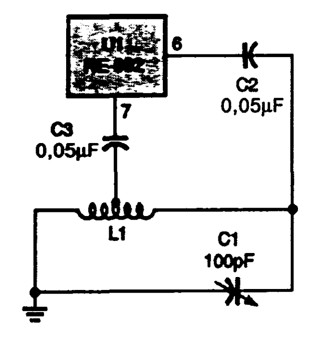


Popular Electronics **Рис. 74.2**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

конденсатора C3 можно использовать любой маленький конденсатор переменной емкости с максимальной величиной 100 пФ. При правильном выборе величин L и C генератор Хартли может работать в диапазоне от звуковых частот до частот дециметрового диапазона.

ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ НА ИС NE602



Popular Electronics **Рис. 74.3**

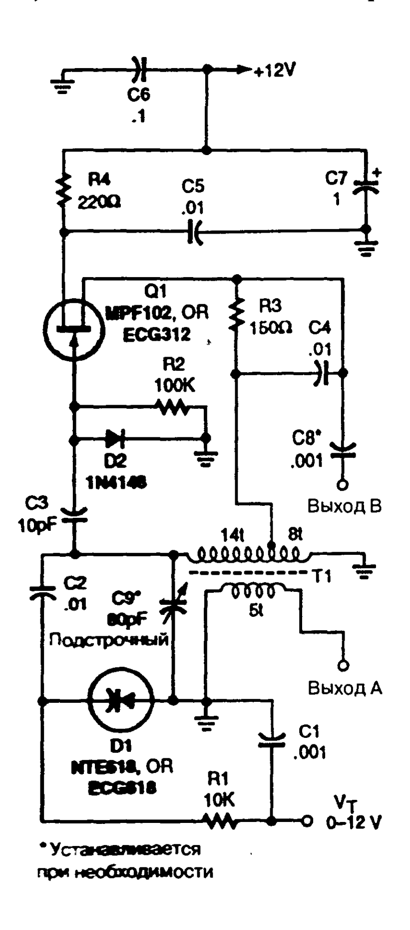
Примечание. *L1 – 33 витка эмалированного провода калибра 28 на тороидальном сердечнике типа Т-50-2 или Т-50-6.*

В генераторе Хартли обратная связь осуществляется через отвод катушки.

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ С PN-ПЕРЕХОДОМ

Частота колебаний генератора (рис. 74.4) может изменяться в пределах его полного частотного диапазона, если подать на его вход V_T пилообразное напряжение

от 0 до 12 В. В схеме в качестве элемента перестройки вместо катушки используется варактор (варикап). Частотный диапазон генератора составляет ~5 МГц.

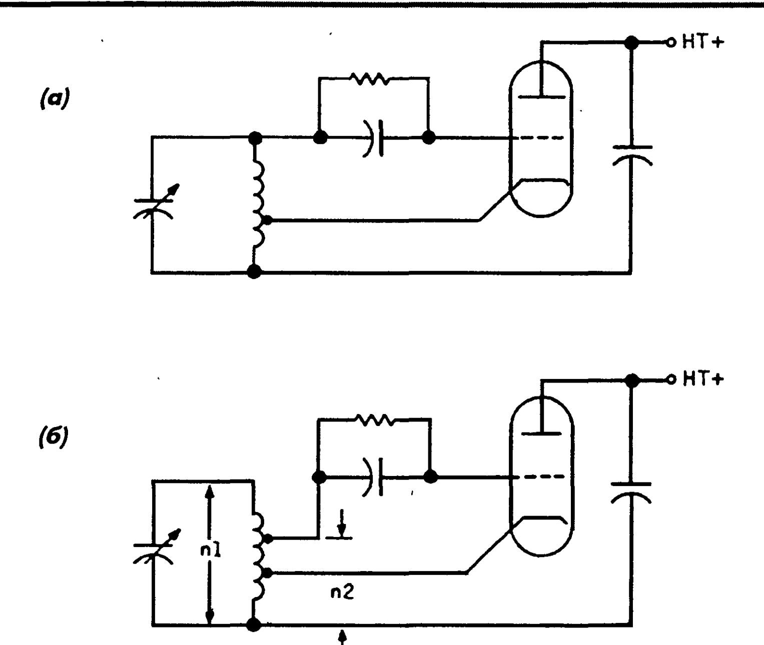


Popular Electronics **Рис. 74.4**

Примечание. *Номиналы конденсаторов от 1 нФ и выше указаны в микрофарадах (мкФ).*

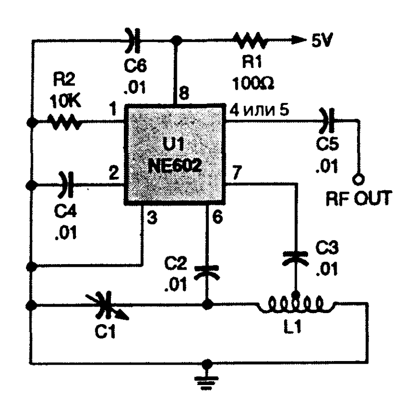
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ

В 1939 году А. Ф. Лэмпкин (A. F. Lampkin) показал, что характеристики генератора Хартли с большим значением С (типично для перестраиваемых генераторов на электронных лампах, бывших одно время популярными) могут быть улучшены в ~10 раз, если подключить сетку (затвор или базу) не ко всей катушке, а к ее части через отвод.



Communications Quarterly **Рис. 74.5**

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ С БУФЕРНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ



Popular Electronics **Рис. 74.6**

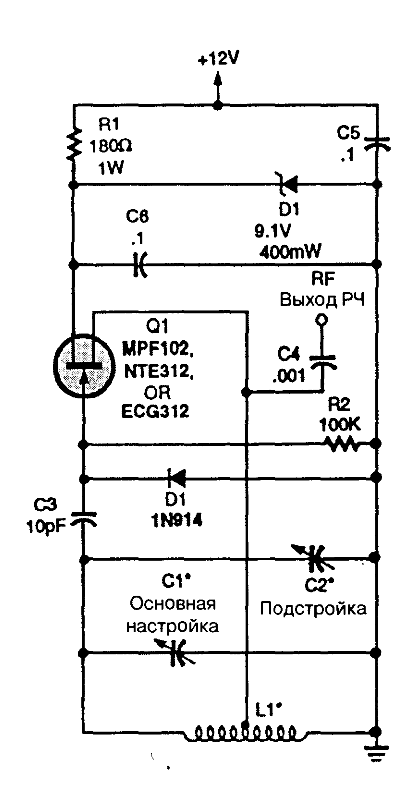
Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

На рис. 74.6 приведена схема генератора Хартли с буферным усилителем. Генератор может перестраиваться с помощью конденсатора C1 или напряжения, если

конденсатор C1 отсутствует, а к точке A подключен варикап. Для повышения стабильности катушку L1 можно заменить катушкой без сердечника. Частотный диапазон генератора составляет 2–5 МГц, но схема может работать и в диапазоне 1–10 МГц при соответствующих значениях L1, C2, C3, C4 и C5.

ГЕНЕРАТОР ХАРТЛИ НА ПОЛЕВОМ ТРАНЗИСТОРЕ С PN-ПЕРЕХОДОМ

В этот простой генератор Хартли на полевом транзисторе с pn-переходом встроен стабилизатор напряжения на стабилитроне с напряжением 9,1 В. Величина индуктивности L1 зависит от требуемой частоты генерации. Типичные значения элементов: C1 – переменный конденсатор 5–50 пФ; C2 = 100 пФ плюс подстроечный конденсатор 3–30 пФ; L1 = 14 мкГн (для частоты 3,5 МГц). Катушка L1 должна быть механически прочной, без сердечника (не следует использовать ферритовые сердечники из-за возможных уходов частоты) и должна иметь добротность Q ≥ 200 для обеспечения наилучшей стабильности. Отвод обычно делается от 10–25% от общего числа витков катушки.

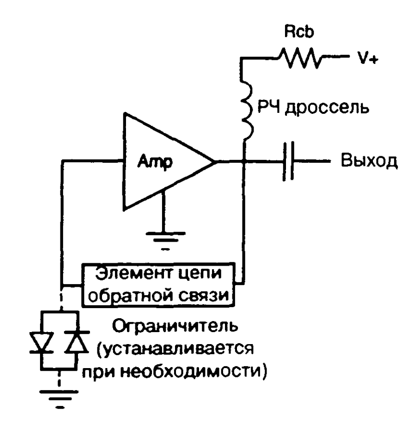


Popular Electronics **Рис. 74.7**

Примечание. *Номиналы конденсаторов (кроме C3) указаны в микрофарадах (мкФ).*

ГЛАВА 75
РАЗНЫЕ СХЕМЫ ГЕНЕРАТОРОВ

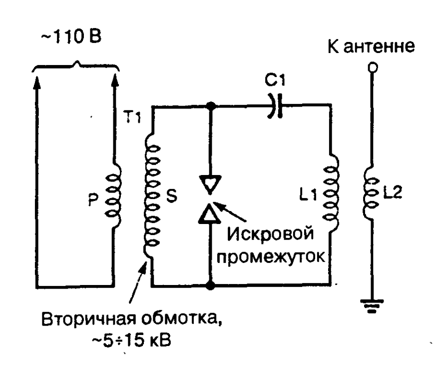
ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ УСИЛИТЕЛЯ



RF Design **Рис. 75.1**

На рисунке показана типовая схема генератора на основе усилителя MMIC.

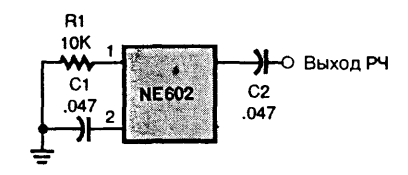
ГЕНЕРАТОР С ИСКРОВЫМ ПРОМЕЖУТКОМ



Popular Electronics **Рис. 75.2**

Основной резонансный LC контур возбуждается от высоковольтного токоограничивающего трансформатора T1. Когда конденсатор C1 заряжается почти до максимального значения выходного напряжения трансформатора, воздушный искровой промежуток пробивается и замыкает цепь, состоящую из катушки L1 и конденсатора C1. При замыкании последовательного LC контура искровым зазором схема испытывает мощный толчок. При этом в резонансном контуре возникают колебания, характеризующиеся очень широкой полосой частот.

СХЕМА ГЕНЕРАТОРА НА ИС NE602

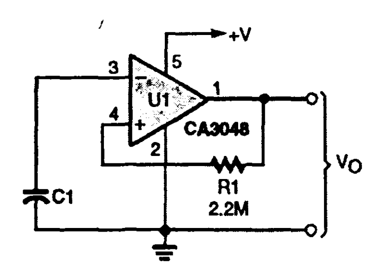


Electronics Now **Рис. 75.3**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

Если сигнал гетеродина на ИС NE602 направить прямо на выход, то такое устройство можно использовать в качестве дешевого высокочастотного генератора.

ГЕНЕРАТОР НА ОПЕРАЦИОННОМ ТРАНСКОНДАКТАНСНОМ УСИЛИТЕЛЕ



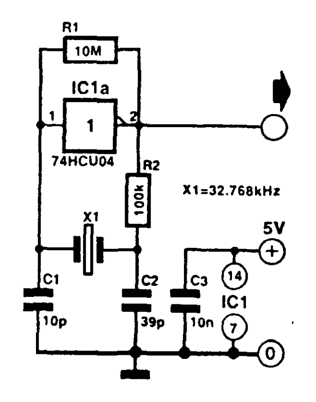
Electronics Hobbyists Handbook **Рис. 75.4**

Эта простая схема состоит всего из трех элементов: операционного усилителя CA3048, резистора обратной связи R1 и времязадающего конденсатора C1. Частота выходного сигнала приближенно определяется выражением:

$$f_o >> 1 / (2\pi \, R1C1).$$

Сопротивление резистора R1 должно составлять 1–3,9 МОм. При большей величине R1 схема иногда, в зависимости от конкретного экземпляра ИС СА3048, перестает генерировать.

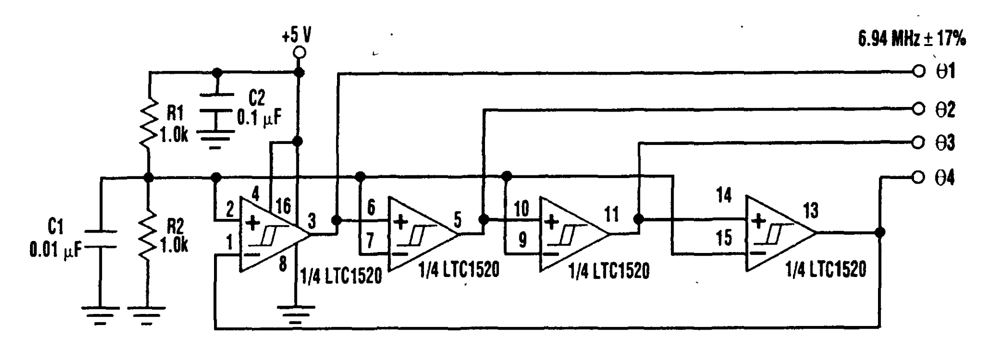
ГЕНЕРАТОР НА 32 КГЦ



Elektor Electronics **Рис. 75.5**

На рисунке показана схема генератора на ИС, выполненной по диффузионной МОП технологии. Конденсаторы С1, С2 и кварцевый резонатор образуют цепочку, в которой происходит поворот фазы на 180°. Микросхема IC1 представляет собой инвертор, который также сдвигает фазу на 180°. Таким образом, происходит полный сдвиг фазы, равный 360°, что является необходимым условием существования колебаний.

ПРЕЦИЗИОННЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ГЕНЕРАТОР



Electronic Design **Рис. 75.6**

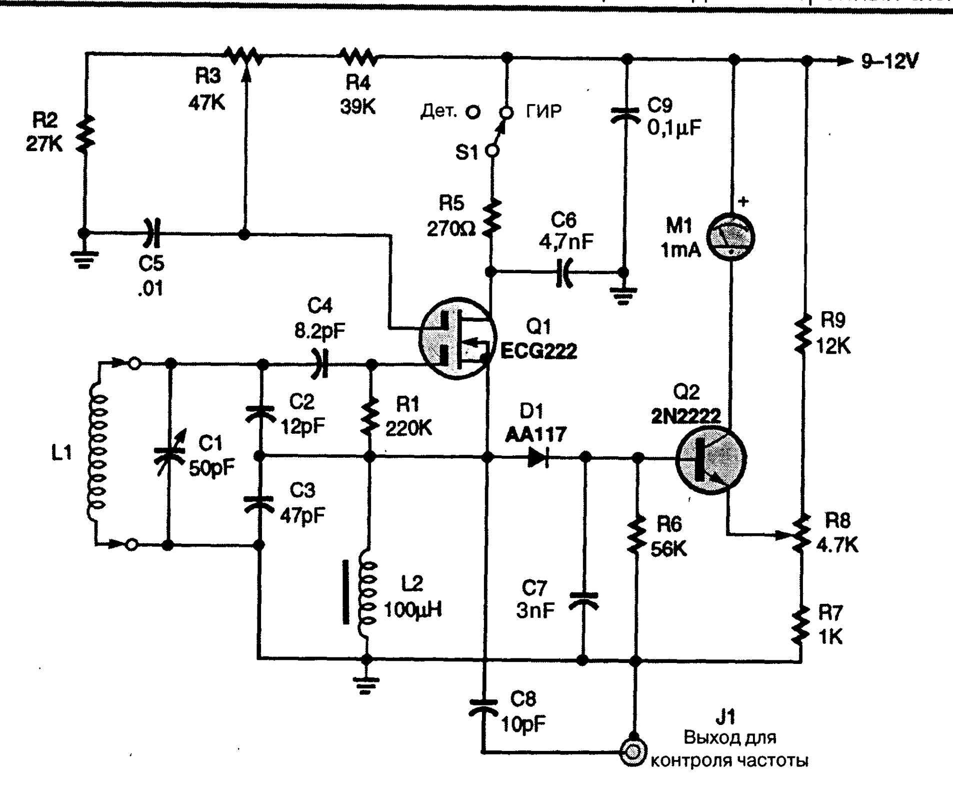
На основе этой простой схемы можно с помощью одной ИС получить четыре прямоугольных сигнала. Принцип работы схемы состоит в использовании эффекта задержки сигнала обусловленным нормированным временем распространения счетверенного линейного приемника LTC1520. В показанной схеме применяются все четыре каскада компаратора, в результате чего получается «квадратурный» набор выходных сигналов (с приращением фазы по 90°). Поскольку различие продолжительности времени включения и выключения обычно составляет всего лишь 500 пс, то сигналы почти симметричны. Погрешность временно́го сдвига между каналами обычно составляет ~400 пс, это соответствует относительной погрешности фазы каналов порядка 5°. Аналогичным образом можно построить 8-фазный генератор (с приращением фазы от канала к каналу 45°), если включить в схему еще 4 компаратора (из другой ИС LTC1520). Можно построить также 2- и 3-фазный кольцевые генераторы, используя соответственно два и три компаратора. Необходимо только, чтобы в петле всегда было нечетное число инверсий, так как в противном случае генератор превратится в защелку. В ИС LTC1520 к каждому входу подключен эквивалентный источник Тевенина с напряжением, равным 2/3 напряжения питания, и с внутренним сопротивлением 18 кОм. Для получения наиболее симметричного выходного сигнала пороговый уровень должен быть приближен к 1/2 напряжения питания. Это легко осуществить, подключив внешний делитель на резисторах R1 и R2, задающий порог переключения, на уровне половины напряжения питания. Измерения показали, что описанный генератор обладает очень хорошей температурной стабильностью, изменение частоты составляет <5% в интервале температур 0–70 °С.

ГЕТЕРОДИННЫЙ ИНДИКАТОР РЕЗОНАНСА

Этот генератор – гетеродинный индикатор резонанса (ГИР), построенный по аналогии с классической ламповой схемой, – может быть очень полезен при проверке резонансных контуров и антенн и представляет собой весьма ценный прибор для экспериментатора, работающего с высокими частотами. Катушки выполнены на пластмассовых каркасах диаметром ~13 мм.

Таблица 75.7. Данные по намотке катушек

Диапазон частот, МГц	Число витков	Провод, калибр-тип
3,5–6,5	45	32 – эмалевая изоляция
6,5–11	32	26 – эмалевая изоляция
11–19	14	20 – эмалевая изоляция
15–24	10	20 – эмалевая изоляция
21–36	7	Изолированная соединительная проволока
32–56	4	Изолированная соединительная проволока
60–110	В форме U-петли длиной ~46 мм	16 – эмалевая изоляция

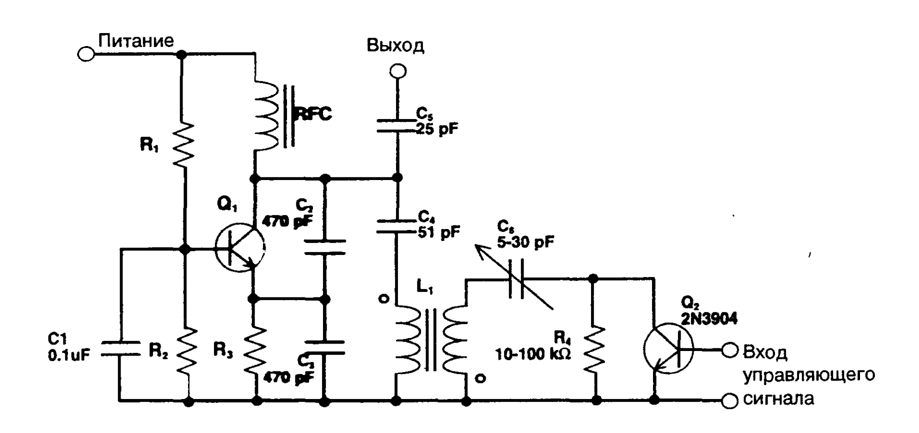


Popular Electronics **Рис. 75.7**

СТАБИЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР С ИНДУКТИВНОЙ НАСТРОЙКОЙ

В технике частотной модуляции при высокой скорости передачи информации могут возникать проблемы, связанные с процессом передачи данных на варикап. В таком случае необходимо применить фильтр, который, с одной стороны, предотвратит нагрузку по высокой частоте резонансного контура генератора, а с другой стороны, позволит передать на варикап быстрые перепады напряжения на линии потока данных. Эти требования противоречивы, особенно когда время переключения сигнала приближается к периоду несущей частоты. Если для передачи данных на варикап используется ВЧ дроссель или высокоомный резистор, то фронты импульсов в потоке данных будут сильно искажаться за счет больших постоянных времени RC-цепочки или индуктивно-емкостной цепи LC. В результате искажение этих фронтов может привести к изменению коэффициента заполнения импульсной последовательности и повлияет на работу порогового детектора в приемнике. Использование переменной индуктивности позволяет

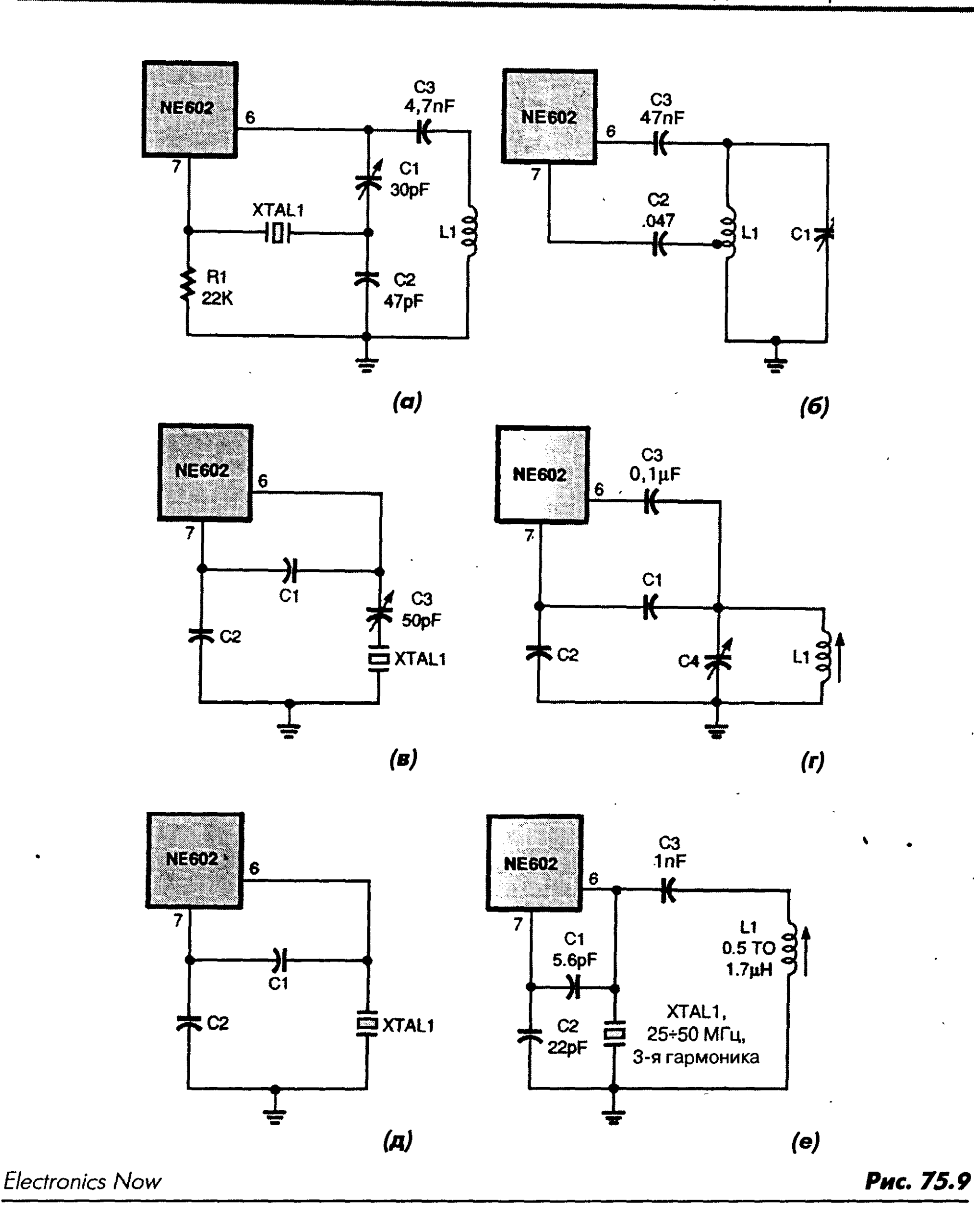
получить повышенную чувствительность по перестройке и лучшую добротность контура, что обеспечивает этому методу преимущество по сравнению с традиционными генераторами, управляемыми напряжением. При индуктивном способе перестройки применяются характеристики индуктивности связи ВЧ трансформатора, поэтому конденсатор настройки C4 допустимо заменить высококачественным конденсатором фиксированной емкости. Использование здесь конденсатора с отрицательным температурным коэффициентом может компенсировать температурное изменение емкости активных устройств. В роли индуктивности контура (L1) в данном случае выступает ВЧ трансформатор. На частоте ~48 МГц он представляет собой катушку с отводом от середины, состоящую из 9 витков провода калибра AWG28, которые намотаны на сердечник фирмы Micrometals типа T25-10. (Могут применяться также и другие трансформаторы, в соответствии с рабочей частотой и прочими техническими требованиями.) Эта катушка имеет добротность ~100, достаточную для хорошей изоляции от активного устройства с целью предотвращения его влияния на резонансный контур в расширенном диапазоне температур от −40 до +85 °C. Изменение индуктивности или ее стабильность при колебаниях температуры зависит от материала сердечника катушки L1.



RF Design ***Рис. 75.8***

СХЕМЫ ГЕТЕРОДИНОВ НА ИС NE602

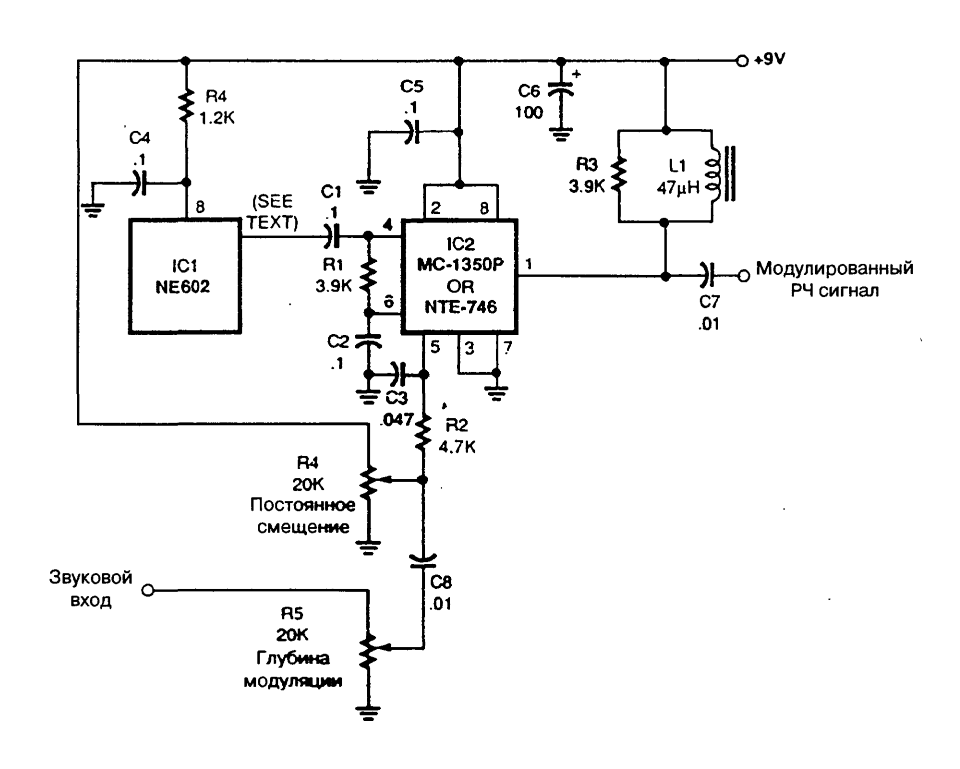
Гетеродины на основе ИС NE602 (рис. 75.9) могут строиться либо по схеме с кварцевой стабилизацией частоты (схемы а, в, д, е), либо с резонансным контуром (схемы б, г).



Electronics Now **Рис. 75.9**

ГЕНЕРАТОР НА ИС NE602 С АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Выходной сигнал генератора на ИС NE602 легко промодулировать, если воспользоваться ИС модулятора MC-1350P.

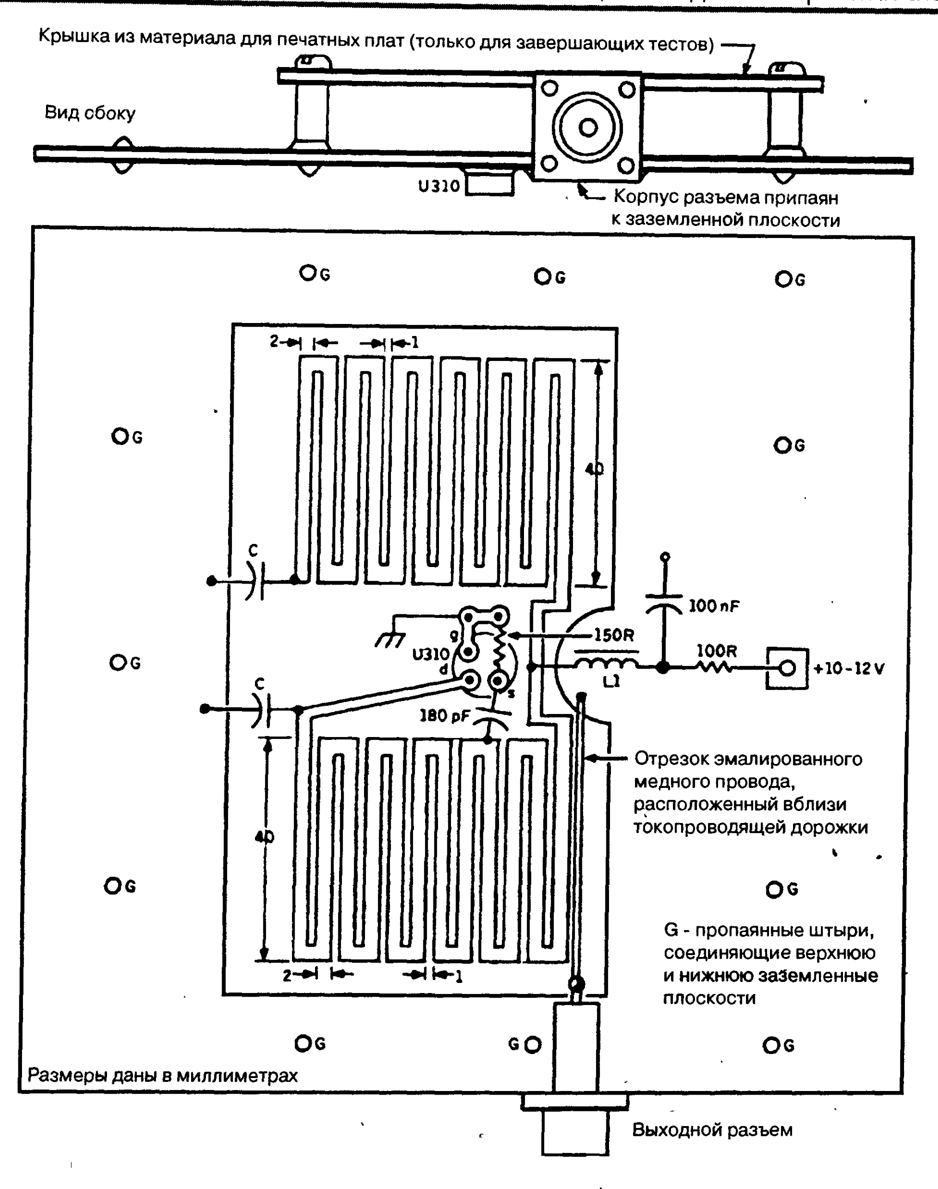


Electronics Now **Рис. 75.10**

Примечание. *Номиналы конденсаторов указаны в микрофарадах (мкФ).*

ГЕНЕРАТОР НА ПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

На рис. 75.11 показан прототип генератора на основе полосковой линии, способного обеспечить рабочий диапазон частот 3,5:1 до срыва генерации. Длина полоска А = 40 мм, его ширина В = 2 мм, а ширина зазора С = 1 мм. Для изменения частотного диапазона нужно изменить длину А и длину выходного проводника связи. Типичные значения частот составляют: при С = 0 – приблизительно 145 МГц, при С = 27 пФ – приблизительно 80 МГц, при С =56 пФ – приблизительно 60 МГц, при С = 150 пФ – приблизительно 36 МГц (используются дисковые керамические конденсаторы). Применена двусторонняя печатная плата толщиной 0,16 мм, при этом нижняя заземленная поверхность покрывает всю плату. Мощность выходного сигнала составляет ~0 дБм. Полевой транзистор U310 вставлен в печатную плату снизу до соприкосновения с заземленной плоскостью и припаян прямо к этой заземленной поверхности.

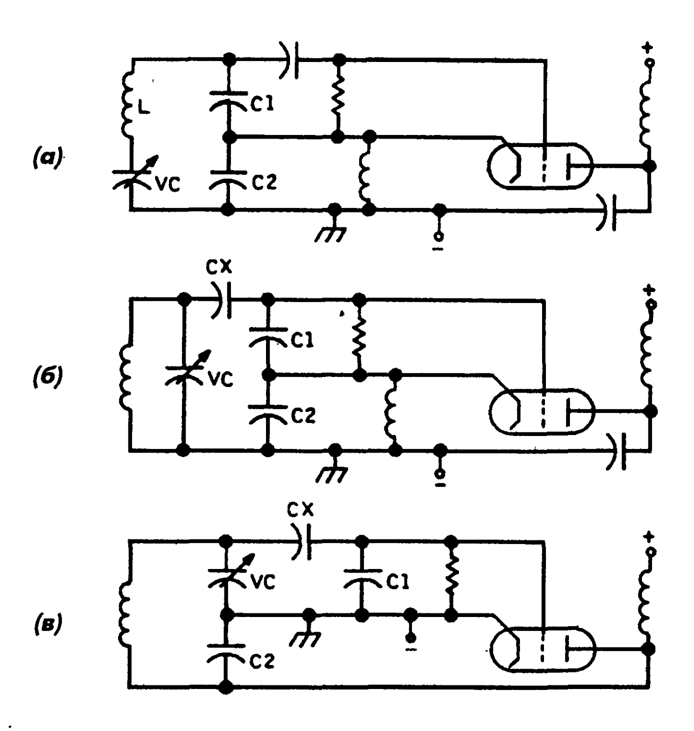


Communications Quarterly **Рис. 75.11**

ГЕНЕРАТОРЫ С ВЫСОКОЙ СТАБИЛЬНОСТЬЮ

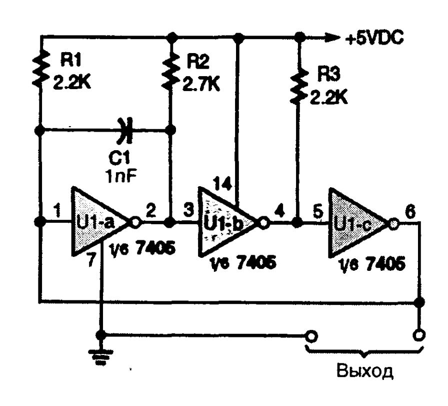
На рисунке показаны три схемы высокостабильных генераторов, которые имеют небольшие, но существенные отличия: (а) генератор Гурье-Клаппа с последовательным контуром; (б) генератор по схеме Колпитца (емкостная трехточка) с малой

емкостью (вариант Сейлера); (в) генератор Вакара, в котором отношение емкостей C2/VC и $C1/C_X$ должно быть равным 1/6.



Communications Quarterly **Рис. 75.12**

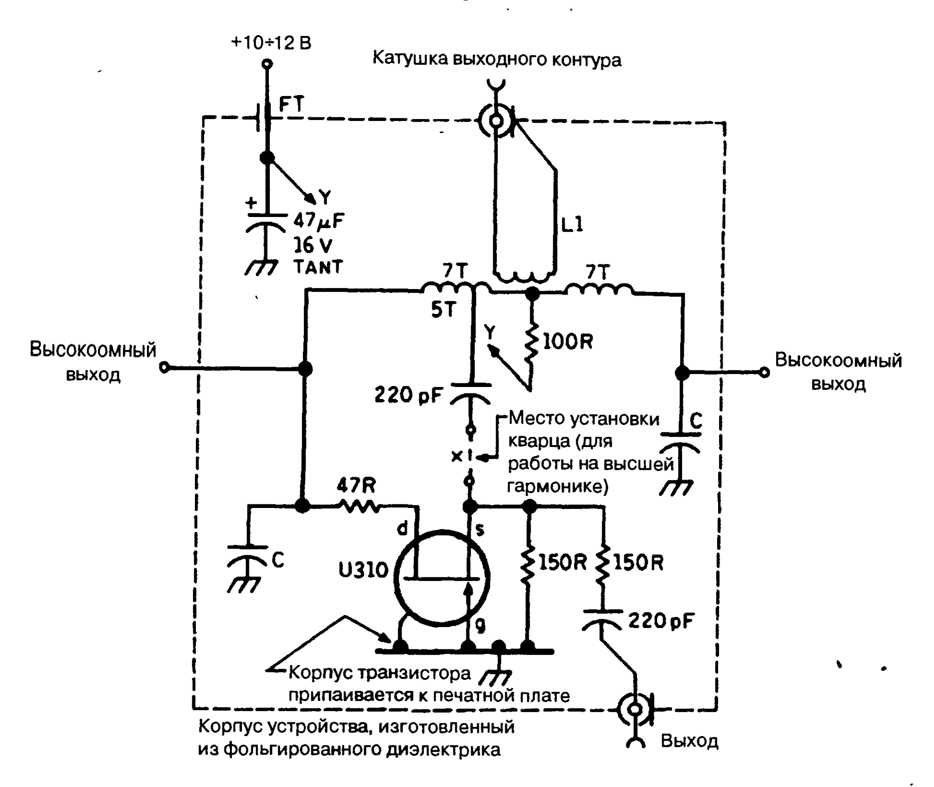
КОЛЬЦЕВОЙ ГЕНЕРАТОР НА ИНВЕРТОРАХ ТТЛ



Electronics Hobbyists Handbook **Рис. 75.13**

В схеме (рис. 75.13) кольцевого генератора используется нечетное число инверторов, образующих нестабильную конфигурацию.

МАЛОШУМЯЩИЙ ГЕНЕРАТОР



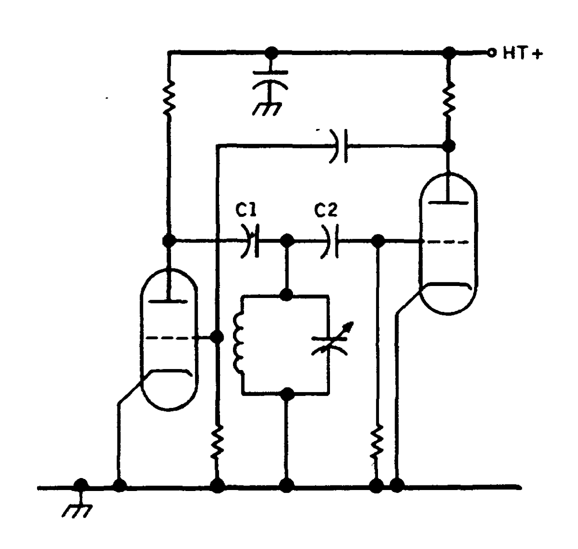
Communications Quarterly **Рис. 75.14**

Генератор может применяться в системах с малыми шумами. Катушка L намотана на каркас диаметром 6 мм, а конденсатор имеет емкость, изменяющуюся от 15 до 220 пФ. Диапазон частот генератора равен 20–80 МГц. Выходная мощность составляет 0 дБм на нагрузке 50 Ом. Для обеспечения кварцевой стабилизации частоты в схему можно подключить кварцевый резонатор, как это показано на рисунке.

ГЕНЕРАТОР ФРАНКЛИНА

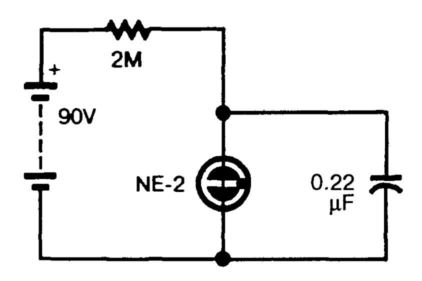
Эта схема (рис. 75.15), приведенная в ламповом варианте, показывает принцип работы и конфигурацию генератора Франклина. В задающем генераторе Франклина, впервые описанном в 1930 году, используются конденсаторы связи малой величины (С1 и С2 емкостью 1–3 пФ), что обусловливает очень малую нагрузку на

высокодобротный контур. Дополнительные преимущества схемы – применение катушки с двумя выводами и заземление одного из выводов колебательного контура. Такой генератор можно использовать с полевыми МОП транзисторами.



Communications Quarterly **Рис. 75.15**

ГЕНЕРАТОР НА НЕОНОВОЙ ЛАМПЕ

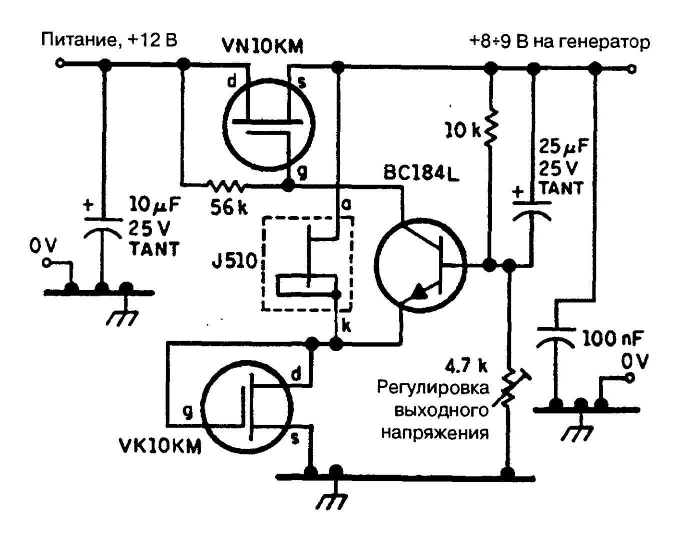


Electronics Now **Рис. 75.16**

Неоновая лампа обладает отрицательным динамическим сопротивлением, так как напряжение на ней уменьшается при увеличении тока. В результате она то загорается, то гаснет.

Частота колебаний зависит от постоянной времени RC, величины напряжения питания, а также от характеристик лампы.

МАЛОШУМЯЩИЙ РЕГУЛЯТОР ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ГЕНЕРАТОРНЫХ СХЕМ



Communications Quarterly **Рис. 75.17**

В регуляторе для получения на выходе постоянного напряжения с низким уровнем шумов, необходимого для питания генераторов с регулируемой частотой, используются полевые транзисторы.

Рудольф Ф. Граф и Вильям Шиитс

Энциклопедия электронных схем

Том 7. Часть II

Главный редактор	*Захаров И. М.*
Перевод	*Гордеев В. Н., Карелин А. В., Кирюхин Н. Н.*
Научный редактор	*Кольцов И. Л.*
Литературный редактор	*Левицкая Т. В.*
Технический редактор	*Прока С. В.*
Верстка	*Шаховской Г. Б.*
Графика	*Бахарев А. А.*
Дизайн обложки	*Антонов А. И.*

ИД № 00498 от 29.12.99

Подписано в печать 11.09.2000. Формат 70×100$^1/_{16}$.
Гарнитура «Петербург». Печать офсетная.
Усл. печ. л. 26. Тираж 3000 экз., Заказ № 593

Издательство «ДМК» 113184, Москва, Пятницкий пер., д. 3, стр. 3

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных диапозитивов в ППП «Типография «Наука»
121099, Москва, Шубинский пер., 6